Grundzüge

der

Mineralogie und Geognosie

von

Dr. J. R. Blum,
Professor in Heidelberg.

Inhaltsverzeichniß.

Erster Theil.

Specielle Mineralogie oder Oryktognosie.

Zweiter Theil.

Geognosie und Geologie.

Einleitung.

Die verschiedenen Naturkörper haben von jeher die Aufmerksamkeit der Menschen auf sich gezogen; man bemühte sich, dieselben nach allen Seiten hin näher kennen zu lernen, so daß im Laufe der Zeit aus den wissenschaftlichen Ergebnissen solcher Forschungen eine besondere Wissenschaft, die Naturwissenschaft, hervorging. Da jedoch die Betrachtung jener Körper eine doppelte sein kann, so zerfällt auch die Naturwissenschaft in zwei Haupttheile, in Naturlehre, welche die gegenseitigen Wirkungen der Körper auf einander und ihre manchfachen Veränderungen, denen sie ausgesetzt sind, kennen zu lernen und auf bestimmte Gesetze zurückzuführen sucht, und in Naturgeschichte, welche die Erforschung der Eigenschaften der Körper in ihrem natürlichen Zustande zum Zwecke hat.

Die Naturkörper, welche unmittelbar aus der schaffenden Hand der Natur hervorgegangen, sind entweder organische (belebte), oder anorganische (leblose). Jene erzeugen ihres Gleichen, wachsen von innen heraus und haben eine begrenzte Existenz; sie sind theils Thiere mit innerer und äußerer willkürlicher Bewegung, theils Pflanzen, ohne äußere willkürliche Bewegung, auf dem Boden festgewachsen; diese, die anorganischen Körper, ruhen in allen ihren Theilen, die sich außerdem von gleicher wesentlicher Beschaffenheit zeigen, und die daher durch mechanische Trennung auch nur in Gleichartiges geschieden werden; sie wachsen durch Ansatz von Außen und können unendlich lang fortbestehen. Man unterscheidet Atmosphärilien und Mineralien; jene sind luftartig oder flüssig, diese fest; der flüssige Zustand kommt nur bei einigen Spezies der letzteren vor.

Linné sagt sehr schön von den Naturkörpern: Die Thiere wachsen, leben und empfinden; die Pflanzen wachsen und leben; die Mineralien wachsen nur.

Nach der oben angedeuteten Verschiedenheit der Körper zerfällt die Naturgeschichte in Zoologie, Botanik, Atmosphärologie und Mineralogie. Letztere lehrt uns diejenigen natürlichen anorganischen Körper kennen, welche die feste Rinde unserer Erde bilden, und Mineralien genannt werden.

Zu den Mineralien werden auch die in den Schichten der Erde eingeschlossenen, durch Zersetzung und Umbildung vorweltlicher organischer Körper hervorgegangenen Substanzen, wie Braunkohlen, Steinkohlen u. s. w. gezählt; auf diese, sowie auf die eigentlichen Petrefakten, d. h. Mineralien in Formen von organischen, meist thierischen Körpern, wendet man jetzt nur noch die Benennung Fossilien an, welche früher, nicht ganz passend, gleichbedeutend mit Mineralien gebraucht wurde.

Auch die Mineralien lassen sich von zwei Gesichtspunkten aus betrachten, entweder für sich als Einzelwesen nach ihren verschiedenen Eigenschaften, oder nach ihren gegenseitigen Beziehungen zu einander oder zu der festen Masse unserer Erde. Hierauf beruht nicht nur die Unterscheidung der Mineralien in einfache, sichtlich nicht gemengte (obgleich sie aus verschiedenen Stoffen zusammengesetzt sein können), und gemengte (Gebirgsarten), die aus zwei oder mehr einfachen Mineralien bestehen, sondern auch die Trennung der Mineralogie im weiteren Sinne des Wortes in spezielle Mineralogie oder Oryktognosie und Geognosie und Geologie. Die erstere lehrt die einfachen Mineralien nach allen ihren Eigenschaften und Merkmalen kennen und klassifiziren, letztere dagegen betrachtet deren Verhalten zu einander, macht mit den Gebirgsarten, mit deren Zusammensetzung und Struktur, sowie mit der Stellung, welche dieselben in unserer festen Erdrinde einnehmen, und mit den organischen Resten, die ein Theil derselben einschließt, bekannt, und sucht überhaupt die gegenwärtige Beschaffenheit der Rinde unseres Planeten darzustellen. Mit der Geognosie wird jedoch meistens die Geologie verbunden, welche die Entstehung unserer Erde zu erklären, und die Veränderungen und Umwälzungen, die sie im Laufe der Zeit erlitten, darzulegen versucht. Während sich demnach die Geognosie mit der Betrachtung des Vorhandenen beschäftigt, unternimmt die Geologie die Entstehung desselben zu erklären.

Die Benennung Mineralogie wird in neuerer Zeit häufig nur für Oryktognosie gebraucht, während man mit dem Namen Geologie die zu einem Ganzen vereinigte Geognosie und Geologie bezeichnet. Namentlich hat man in Frankreich und England ganz allgemein diese Benennungen angenommen.

Man hat noch gewisse Lehren als besondere Zweige der Mineralogie aufgestellt, die jedoch immer nur als einzelne Theile derselben oder anderer Wissenschaften zu betrachten sind. Hieher gehören z. B. die topographische Mineralogie, die technische Mineralogie oder Lithurgik u. s. w. Erstere gibt die Art und die Orte des Vorkommens der einzelnen Mineralien, letztere ihre Benutzung an; jene ist ein Theil der Mineralogie selbst, diese ein Theil der Technologie.

Das Studium der Mineralogie wird zum Theil durch mathematische Bestimmungen, zum Theil durch physikalische und chemische Erfahrungen unterstützt, so daß Mathematik, Physik und Chemie als Hülfswissenschaften der Mineralogie angesehen werden müssen. Kenntnisse in der Zoologie, Botanik und Geographie werden in gar manchen Fällen von großem Nutzen, ja sogar unentbehrlich sein. Wie aber überhaupt Anschauung bei dem Studium der verschiedenen Zweige der Naturgeschichte nothwendig, so ist dieß besonders bei dem der Mineralogie der Fall, und hier sogar unerläßliches Bedingniß. Pflanzen und Thiere kann man wohl durch Zeichnungen kennen lernen, nicht so die Mineralien; hier sind es nur die Umrisse der Krystalle, nicht die Substanzen selbst, welche bildliche Darstellung mit Nutzen zulassen. Man kann nur durch öfteres, ja durch tägliches

Anschauen der Mineralien, durch sorgsames Vergleichen derselben unter einander mit ihren Eigenschaften, in allen Abänderungen bekannt werden. Zu den Hülfsmitteln, um Mineralien kennen zu lernen, gehören daher vorzüglich Sammlungen solcher Körper; ferner Sammlungen von Krystall-Metallen, verschiedene Instrumente zum Anstellen von Versuchen 2c.

Unsere Wissenschaft zerfällt also in zwei große Theile: in spezielle Mineralogie oder Oryktognosie und in Geognosie und Geologie, welche wir nun beide näher betrachten wollen. Das Studium der ersteren muß aber dem der letzteren vorangehen; mit Recht nennt d'Aubuisson die einfachen Mineralien die Buchstaben, mit deren Kenntniß man erst im Buche der Natur zu lesen und die Geognosie zu erfassen im Stande sei.

Erster Theil.

Spezielle Mineralogie oder Oryktognosie.

Geschichtliches.

Im Alterthum treffen wir nur auf sehr geringe Spuren von mineralogischen Kenntnissen; denn obwohl die anorganischen Naturkörper schon in den frühesten Zeiten die Aufmerksamkeit der Menschen erregten, so kannten doch die Alten nur eine sehr kleine Anzahl von Mineralien, vor Allem diejenigen, von welchen sie einigen Nutzen zogen, oder die durch ihren Glanz, ihre Farbe oder andere äußere Merkmale ihnen in die Augen fielen. Sie beschäftigten sich überhaupt mehr mit spekulativen Untersuchungen der sie umgebenden Natur, indem sie sich bemühten, die Erscheinungen in derselben kennen zu lernen, die Ursachen derselben zu erforschen und sie auf bestimmte Prinzipien zurückzuführen; in der Kenntniß einzelner Mineralien blieben sie jedoch ganz zurück. Dagegen legte eine kindlich dichtende Ansicht des Alterthums gewissen Steinen besondere Bedeutung und Kräfte bei, nach welchen einige die Eigenschaft besitzen sollten, getragen wach und nüchtern zu erhalten, oder prophetische Träume zu erwecken, andere den Heldenmuth in Gefahren zu stärken oder vor Krankheiten zu bewahren ꝛc. Dieß waren die sogenannten Amulette.

Am frühesten finden wir mehrere Edelsteine als Gegenstände des Schmucks bei Beschreibung der Kleidung des hohen Priesters in der h. Schrift erwähnt.[1]) Jedoch beweisen die Namen dieser Steine bei den Hebräern, daß sie die Kenntniß derselben von den Aegyptiern erhalten haben. Von diesem Volke wissen wir, daß es Granite, Syenite, Porphyre und andere Gebirgsarten zu verschiedenen Kunstwerken verarbeitete, Werke, deren Entstehung in das graueste Alterthum hinaufreicht und die wir heutiges Tages noch anstaunen. Auch die Phönizier sind in dieser Beziehung zu bemerken. Von älteren Schriftstellern der Griechen werden mehrere Mineralien erwähnt, besonders von Homer und Hesiod. Orpheus' Gedicht von den Steinen, voller Ideen über ihre Zauberkraft, ist seines Zeitalters wegen verdächtig. Was Aristoteles, 384 vor Chr. Geb. zu Stagira (daher sein Beiname Stagirit), einer griechischen Kolonie in Thracien, geboren und 322 zu Chalcis gestorben, in seinen Schriften über Mineralien sagt,[2]) ist nur Weniges und bezieht sich mehr auf ihr Verhalten gegen Licht, Wärme,

[1]) 2 Buch Moses, Kap. 28, 17—20, und Kap. 39, 10—13.

[2]) Meteorologicorum Lib. III und IV.

Gefühl u. s. w. Theophrastus von Eresus auf Lesbos (310—225 vor Chr. G.) dagegen, ein Schüler des Letzteren, hat in einer besonderen Schrift [1]) die Edelsteine abgehandelt, jedoch mangelhaft und mit vielem Fabelhaften ausgeschmückt. Hippokrates (456—366 vor Ch. G.), Diskorides [2]) (50 nach Ch. G.) und Galenus [3]) (150 nach Ch. G.) haben besonders auf den medizinischen Gebrauch vieler Mineralien hingewiesen; ihre Angaben sind daher mehr für den Arzt als den Mineralogen von Interesse. Im Allgemeinen kann man jedoch sagen, daß dasjenige, was wir in den Schriften der griechischen Gelehrten über Mineralien verzeichnet finden, von geringem Belange war, wie denn überhaupt die Mineralogie keine Stelle als Wissenschaft bei ihnen fand, ein Vorzug, dessen sich überhaupt nur die Astronomie rühmen konnte. — Unter den Römern war Plinius der Aeltere (79 nach Chr. †) der Einzige, der das, was er über Mineralien gehört hatte, zusammenstellte, [4]) jedoch ohne eigene Forschungen beizufügen. Auch nach ihm vergingen Jahrhunderte, ohne daß etwas für unsere Wissenschaft geschah. Es trat der lange und unfruchtbare Zeitraum ein, der die wissenschaftliche Thätigkeit des alten Griechenlands von der des neuen Europa trennt, und welcher passend und mit Recht die „stationäre Periode der Wissenschaft" genannt wird. [5])

Die früheren Christen behandelten die Naturwissenschaften mit Geringschätzung, ja mit völliger Nichtachtung. In der That wurde durch mehrere Jahrhunderte hindurch alles Studium derselben, selbst von den ausgezeichnetsten Schriftstellern der christlichen Kirche, nicht nur vernachlässigt, sondern selbst als schädlich widerrathen. Die ersten Beförderer dieser Wissenschaften im Mittelalter waren die Araber. Unter ihnen ist besonders Ebn Sina oder Avicenna (980 zu Bochara in der Bucharei geboren, 1036 zu Medina gestorben) zu bemerken; er schied am frühesten die Mineralien in Steine, Metalle, schwefelige Substanzen und Salze. [6]) Aber außerdem hat er nicht viel Eigenthümliches und ist noch zu sehr in den Angaben der Alten befangen. In Deutschland war einer der Ersten, der über Mineralien schrieb, Albert v. Bollstädt aus Lauingen in Schwaben, bekannt unter dem Namen Albertus Magnus [7]) (1193—1280). Er führt zwar manches Fabelhafte an und sagt über die Regelmäßigkeit der Form einzelner Mineralien nichts Besonderes, aber er hebt doch deren Wichtigkeit sehr hervor. Form und bestimmte Bildung, bemerkt er, sei den Mineralien wesentlich, rührten aber nicht von einem innern Leben derselben her, sondern sie hingen von einer eigenthümlichen Mischung der Elemente ab, und von himmlischen Eigenschaften, die ihnen von Anfang an innewohnten. Nach ihm geschah lange Zeit nichts für unsere Wissenschaft, bis über zweihundert Jahre später Georg Agrikola (geb. 1494 zu Glaucha in Sachsen, 1555 †) auftrat. Er war der Erste, der die äußern Kennzeichen der Mineralien zu erforschen und sie zu ihrer Unterscheidung und Klassifikation anzuwenden suchte, und dadurch die Grundlagen zu einem wissenschaftlichen Lehrgebäude der Mineralogie schuf, welches auf solchen aufzuführen wieder über zweihundert Jahre

---

[1]) *Περὶ λίθων*. Theophrasts Abhandlung von den Steinen, übersetzt von K. Schmieder, Freiberg 1807, 8.

[2]) Padacii Discorides Anazarbei de medica materia. J. Ruellio interpr. Basil. 1539.

[3]) De simplicium medicamentorum facultatibus.

[4]) Historia naturalis, Lib. 33—37.

[5]) Whewell, Geschichte der induktiven Wissenschaften; nach dem Englischen von J. J. v. Littrow. 3 Bde., Stuttgart 1840; s. Bd. I. pag. 201.

[6]) Opera (Mineralia, Gedani 1682).

[7]) De mineralibus et rebus metallicis, Lib. V, edit. G. H. Ryf. Argent. 1541, 8.

später seinem Landsmann G. A. Werner vorbehalten sein sollte, als dessen unmittelbaren Vorgänger man ihn aber in jeder Beziehung ansehen kann. Seine Werke [1]) enthalten einen solchen Reichthum von Beobachtungen und Thatsachen, daß sie auch jetzt noch in mancher Hinsicht als brauchbar anerkannt werden, so wie er denn auch von seinen Zeitgenossen die Zierde Deutschlands und seiner Zeit genannt wurde. Sein System wurde das herrschende und von mehreren Schriftstellern in ihren Werken zu Grunde gelegt. Zu diesen gehören besonders Konrad Geßner (geb. 1516 zu Zürich, † 1565) und Andreas Cesalpinus (geb. 1519 zu Arezzo in Toskana, † 1603 zu Rom). Jener, Deutschlands Plinius genannt, wies schon sehr bestimmt auf die verschiedenen Formen der Mineralien hin, indem er sagte: „Ein Krystall ist von dem andern durch seine Winkel, folglich auch durch seine Form verschieden;" [2]) während Letzterer noch an deren Beständigkeit zweifelte. [3]) N. Steno (geb. 1638 zu Kopenhagen, † 1687) dagegen bemerkt schon in einer besondern Abhandlung, [4]) daß die Winkel der Seiten eines sechseckigen Krystalls unveränderlich blieben, wenn gleich die Seiten veränderlich wären. Dominik Gulielmini (geb. 1655 zu Bologna, † 1710 zu Padua) äußert sich in zwei Dissertationen [5]) in dieser Hinsicht noch bestimmter, indem er geradezu von dem Konstanten der Kantenwinkel spricht. Allein wenn wir auch von Zeit zu Zeit von einzelnen Männern solche überraschende Thatsachen angeführt finden, so blieben diese doch im Ganzen damals von geringem Einflusse auf die Fortschritte der Wissenschaft. Denn wenn auch die Naturwissenschaften nicht der Art sind, gleichsam durch einen Anstoß entstanden zu sein und vollendet dazustehen, wenn sie im Gegentheile nur langsam ihrer Vollendung entgegenschreiten, so müssen wir doch gestehen, daß gerade die Mineralogie längere Zeit mehr stillstand als vorwärtsging, wenigstens hinter den andern Zweigen jener Wissenschaft zurückblieb. Aber es gebrach ihr auch einestheils noch immer an Methode, anderntheils wurden, wie gesagt, jene Wahrheiten nicht gehörig beachtet. Zwar schlugen mehrere Naturforscher die Richtung der genannten Männer ein, und beschäftigten sich mit jenem Gegenstande nicht ohne Erfolg, so unter andern Henkel (geb. 1679 zu Freiberg, † 1744), der in einem besonderen Werke [6]) Beschreibungen von verschiedenen Gestalten der Mineralien gab, andere arbeiteten aber gleichsam dagegen, indem sie die Gesetzmäßigkeit der Formen der anorganischen Körper läugneten. So z. B. G. L. Buffon (geb. 1707 zu Montbar in der Bourgogne, † 1788 zu Paris), der in seiner Geschichte der Mineralien [7]) gar keine Notiz von der Gestalt der Krystalle nimmt, da sie nicht als konstanter Charakter angesehen werden könnten; sowie er überhaupt eine Reihe ausführlicher Mineral-Beschreibungen, aber ohne Ordnung gibt. Hieraus ersieht man deutlich, daß, obwohl Krystallformen bei den Mineralien längst bekannt waren, denn Plinius spricht schon von der Gestalt eines Hexagons des Krystalls (Bergkrystalls), [8]) es doch sehr langsam in der Erkennung des Wesens und der Gesetze derselben, sowie in der Anerkennung ihres Werthes als Kennzeichen ging. Und doch

---

[1]) G. Agrikola's mineralogische Schriften, übersetzt und mit Anmerkungen versehen von E. Lehmann. 4 Theile 8. Freiberg 1806—1812.

[2]) De rerum fossilium, lapidum et gemmarum maxime figuris. Zürich 1564, pag. 25.

[3]) De metallicis. Nürnberg 1602, pag. 97.

[4]) De solido inter solidum naturaliter contento. Florenz 1669.

[5]) Riflessioni filosofiche intorno le figure dei Sali. Pisa 1688, 4; und Diss. epist. de Salibus. Venet. 1705, 8.

[6]) Pyritologia. Leipzig 1725.

[7]) Histoire naturelle des Minéraux, T. 1—8. Paris 1783—1788.

[8]) Hist. naturalis, L. 37, 2.

besteht die wissenschaftliche Gestaltung in der Aufstellung und dem Gebrauche äußerer Kennzeichen der Körper, vorzüglich aber in der Bestimmung der krystallographischen Gestalt. K. Linné (geb. 1707 zu Roeshult in Smaland, † 1778 zu Upsala) scheint der Erste gewesen zu sein, welcher die Mineralien nach ihren Krystallformen einzutheilen suchte, allein ohne glücklichen Erfolg, da er die Hülfe der Geometrie verschmähte und nur nach der Aehnlichkeit bei den Gestalten urtheilte. Auch wurde sein Einfluß auf unsere Wissenschaft nie der bedeutende, wie in den anderen Zweigen der Naturgeschichte. Sein sehr willkürlich aufgestelltes System wollte keine Aufnahme finden, so daß sein Zeitgenosse und Landsmann J. G. Wallerius (geb. 1708, † 1785) die Herrschaft in diesem Felde in Schweden zu behaupten wußte. Dieser machte den ersten Versuch zu einer Terminologie, charakterisirte die Mineralien nach äußeren Kennzeichen, und gründete auf letztere, wiewohl nicht mit der Strenge von Linné, ein System. [1])

Während dieser Zeit fing man jedoch auch an, Monographien einzelner Mineralien zu bearbeiten, wie z. B. über Asbest, Bernstein rc., oder man beschrieb ganze Familien, wie Boetius de Boot die Edelsteine. [2]) Selbst die chemische Seite wurde, wiewohl etwas später, hervorgehoben. Man begann die Mineralien hinsichtlich ihrer chemischen Natur zu prüfen, und machte verschiedene Versuche, auf die erhaltenen Resultate Klassifikationen der Mineralien zu gründen, wie das durch Hjärne, Magnus von Bromell, Becher, Pott u. A. geschah. Allein keiner that dieß mit mehr Erfolg wie A. v. Cronstedt (geb. 1722 zu Stockholm, † 1765). Dieser stellte das erste rein chemische Mineralsystem auf, vereinigte die Erden und Steine, schloß die gemengten Gebirgsarten und die Versteinerungen von der Betrachtung aus und verbesserte überhaupt viel Fehlerhaftes in der Systematik. Sein Einfluß auf die Wissenschaft der damaligen Zeit war nicht ohne Bedeutung, denn sein „Versuch einer Mineralogie" [3]) wurde mit großem Beifall aufgenommen, in viele Sprachen übersetzt und von den meisten Lehrern der Mineralogie bei ihren Vorlesungen über diesen Gegenstand zu Grunde gelegt. Chemische Untersuchungen wurden von nun an immer häufiger angestellt. Von den Männern, welche diesen Weg verfolgten, wollen wir nur Scheele und T. Bergmann nennen, die viele Analysen von Mineralien machten und verbesserten. Auch wurde von Letzterem das 1752 von Engeström erfundene Löthrohr zuerst allgemein in der Mineralogie angewendet. Gahn verschaffte demselben durch die Verbesserungen, welche er an ihm anbrachte, noch mehr Eingang; allein die größte Wichtigkeit erhielt dasselbe erst viel später, nachdem durch die Bemühungen von Berzelius alle Mineralien vor dem Löthrohre untersucht und deren Verhalten vor demselben in einem besondern Werke [4]) niedergelegt worden war.

Eine neue Epoche in der Wissenschaft begann mit dem Auftreten A. G. Werners (geb. 20. Sept. 1750 zu Wehrau in der Oberlausitz, † 30. Juni 1817 in Dresden), Lehrer der Mineralogie an der 1766 gestifteten Berg-Akademie zu Freiberg in Sachsen. Er trennte die spezielle Mineralogie, der er den Namen Oryktognosie beilegte, von der Geognosie, welche letztere er 1785 zuerst unter dieser Benennung in wissenschaftlicher Form vortrug, und dadurch, wie wir später sehen werden, der eigentliche Begründer derselben als Wissenschaft wurde. Die Dürftigkeit der bisherigen Ausdrücke und die schwankenden unsichern Bezeichnungen in der Mineralogie, die einer wissenschaftlichen Bearbeitung der-

[1]) Mineralogie, übersetzt von J. D. Donso. 2te Aufl., Berlin 1763, 8.
[2]) Gemmarum et lapidum historia. Hanoviae 1609, 4.
[3]) Aus dem Schwedischen von G. Widemann. Kopenhagen 1760, 8.
[4]) Die Anwendung des Löthrohrs in der Chemie und Mineralogie. 4te Aufl., Nürnb. 1846.

selben sehr hinderlich waren, veranlaßten ihn, eine festere, durchgängig deutsche Terminologie zu entwerfen. Dieß geschah denn auch schon im Jahre 1774 in einer besonderen Schrift: „Von den äußeren Kennzeichen der Fossilien.“ Indem er hiedurch die Reihe der Kennzeichen scharf bestimmte und vervollständigte, machte er dieselben zur Unterscheidung der Mineralien von einander in der Weise anwendbar, wie man dieß bis jetzt nicht gekannt hatte. Er brachte Faßlichkeit und Bestimmtheit in die Beschreibung der Mineralien, und stellte ein besonderes System auf, in welchem neben dem chemischen Charakter zugleich die natürlichen Verwandtschaften der Mineralien, d. h. ihre Aehnlichkeit im äußeren Ansehen, berücksichtigt wurden, und welches lange Zeit das herrschende in der Wissenschaft blieb. Sein Einfluß auf letztere war um so größer, als ihm aus allen Ländern Europa's, ja sogar aus anderen Welttheilen, Schüler zuströmten, bei welchen er sich durch die Klarheit und Lebendigkeit seines Vortrags ein unbeschränktes Vertrauen und Ansehen erwarb, und diese daher seine Lehre weiter verbreiteten. Allein Werner hatte, abgesehen davon, daß er die chemische Seite nicht genug beachtete, von den äußeren Charakteren der Mineralien hauptsächlich die Farbe, den Glanz, die Härte und das spezifische Gewicht, zu wenig aber die regelmäßigen Formen der Krystalle berücksichtigt; denn obwohl er ihr Wesen erfaßte und ihre Unterschiede und das Band, welches mehrere Krystalle mit einander verknüpft, erkannte, ja selbst Grundgestalten aufstellte, so ging er doch in die feineren geometrischen Verhältnisse derselben nicht ein, wodurch seine Methode immer mangelhaft bleiben mußte. Diese Seite der Mineralogie wurde zuerst von R. J. Haüy (geb. 28. Febr. 1743 zu St. Just in der Pikardie, † 3. Juni 1822 zu Paris), Lehrer der Mineralogie am Jardin des plantes in Paris, hervorgehoben und fest begründet, wodurch dieselbe eine höhere Ausbildung und wissenschaftlichere Gestaltung erhielt. Aber man darf nicht verkennen, daß schon vor ihm und zu seiner Zeit eine bedeutende Menge von schätzbaren Materialien durch Arbeiten verschiedener Naturforscher bereit lag, die nur einer weiteren Benutzung bedurften. So hatte z. B. Bergmann krystallographische Andeutungen über den Kalkspath bekannt gemacht; [1]) besonders aber waren die krystallographischen Untersuchungen von Romé de l'Isle (geb. 1736 zu Gray in der Franche-Comte, † 1790) von der größten Wichtigkeit. Er stellte zuerst die Ansicht von der Beständigkeit der Neigungswinkel der Krystallflächen zu einander trotz aller Veränderung derselben fest, wendete am frühesten das von Carangeot erfundene Anlege-Goniometer zur Messung jener Winkel an, und gab in einem besondern Werke [2]) von mehr als 500 regelmäßigen Krystallformen genaue Zeichnungen. Dennoch muß Haüy als der eigentliche Begründer der Krystallographie betrachtet werden, da seine Arbeiten in diesem Zweige der Mineralogie als die Grundlage zu allen späteren anzusehen sind. Er untersuchte und beschrieb mit besonderer Sorgfalt die Formen aller Mineralien, die er nur erhalten konnte, war der Entdecker der so wichtigen Schaltung, deren Bedeutung er zuerst lehrte, indem er ihre Beziehung zur äußern Form und ihren Werth zur Bestimmung der Gattung (Spezies) hervorhob, und stellte ein eigenes System auf, dessen Grundlage besonders chemischer Natur war, wobei er aber auch die primitive Krystallform berücksichtigte. Dieses sowie die Resultate aller seiner Untersuchungen legte er mit ausgezeichneter Klarheit in einem besondern Werke [3]) nieder, in welchem er die Mineralien, nach jenem Systeme geordnet, vortrefflich charakterisirte.

---

[1]) De formis crystallorum in dessen Opuscula physica et chemica, Vol. II.
[2]) Crystallographie etc. Paris 1783, III Vol. und I Vol. Tafeln.
[3]) Traité de Minéralogie. V Vol., Paris 1801, 2de édit. 1822.

Während des erfolgreichen Wirkens von Werner und Haüy wurden auch in den chemischen Untersuchungen der Mineralien Fortschritte gemacht, in welcher Beziehung besonders M. H. Klaproth (geb. 1773 zu Werningerode, † 1817) und Vauquelin (geb. 1763, † 1829) zu erwähnen sind. Ersterer verbesserte nicht allein die Methode der analytischen Chemie und lieferte sehr zahlreiche Mineralanalysen,[1]) deren große Genauigkeit noch jetzt anerkannt wird, sondern er entdeckte auch mehrere neue Grundstoffe und Mineralien. Letzterer ist ebenfalls als einer der ersten gründlichen Mineralchemiker zu betrachten, der auf die Mineralogie vortheilhaft eingewirkt hat. Jedoch waren alle diese Analysen bis jetzt nur als Register der Bestandtheile der Mineralien anzusehen, deren inneren Zusammenhang darzuthun einer nahen Zukunft vorbehalten war.

Die krystallographische Methode Haüy's fand, bei der großen Verbreitung der Werner'schen Schule und der eigenen Anhänglichkeit der Schüler an ihren Lehrer, nur sehr langsam Eingang. Aber man beschäftigte sich von dieser Zeit an doch sehr vielfach mit Messungen von Krystallwinkeln. Wollaston (geb. 1766, † 1828 in London) erhob besonders durch seine Erfindung des Reflexions-Goniometers die Schärfe, mit welcher nun gemessen werden konnte, auf einen hohen Grad von Vollkommenheit. Zahlreiche und sehr genaue Messungen verdankt die Wissenschaft W. Phillips und Brooke; überhaupt wurden die krystallographischen Verhältnisse der Mineralien von den verschiedensten Seiten den genauesten Untersuchungen unterworfen, und die Resultate derselben in einzelnen Monographien bekannt gemacht. Eines der merkwürdigsten Werke der Art ist das des Grafen Bournon über den Kalkspath,[2]) das aus 3 Quartbänden besteht, in welchen er nicht weniger als 700 Formen dieses Minerals aufzählt. Aber diese Untersuchungen führten auch auf die Unvollkommenheit der krystallographischen Ansichten und Methoden Haüy's; und gerade da, wo die Werner'sche Methode die größte Herrschaft behauptet hatte, in Deutschland nämlich, fühlte man jene am frühesten und suchte ihnen zu begegnen. C. S. Weiß (geb. 1780), Lehrer der Mineralogie an der Universität zu Berlin, einer der vorzüglichsten Schüler Werners, eröffnete zuerst der Krystallographie ein neues Feld, indem er die Krystallformen nach ihren einfachen mathematischen Verhältnissen auf natürliche Abtheilungen, Systeme, zurückführte, und das Gesetzmäßige dieser Gestalten und ihrer Kombinationen nachwies und krystallographische Zeichen für dieselben aufstellte, wodurch die Krystallographie eine Bestimmtheit erhielt, welche ihre Anwendung außerordentlich beförderte. Schon in einer 1808 herausgegebenen Dissertation[3]) finden sich die ersten Grundlagen seiner künftigen Eintheilung sämmtlicher Krystallgestalten in bestimmte Systeme, die er denn auch in einer andern Abhandlung[4]) aufstellte, indem er sie auf die Verschiedenheiten in den Grundverhältnissen der Dimensionen der Krystalle oder auf die symmetrischen Axen derselben gründete. Eine ähnliche Eintheilung, nur in wenigen Punkten von der Weiß'schen abweichend, stellte auch Fr. Mohs (geb. 1774 zu Gernrode am Harz, † 1839 in Italien) auf. Dieser, der ebenfalls ein Schüler Werners, eine Zeit lang selbst, von 1820—1826, dessen Nachfolger auf dem Lehrstuhle der Mineralogie zu Freiberg war, wendete zuerst die neue Methode auf alle bekannten Mineralspezies an.[5]) Die Bahn, welche Weiß eingeschlagen hatte,

---

[1]) Beiträge zur chemischen Kenntniß der Mineralkörper. 5 Bände. Posen und Berlin 1795—1810.

[2]) Traité complet de la chaux carbonatée et d'arragonite. Lond. 1808.

[3]) De indagnando formarum crystallinarum charactere geometrico. Leipzig 1808.

[4]) Ueber die natürlichen Abtheilungen der Krystallisationssysteme. 1813.

[5]) Grundriß der Mineralogie. 2 Bände. Dresden 1822 und 1824.

befolgten bei ihren krystallographischen Arbeiten besonders G. Rose, Kupfer, Neumann, Quenstädt u. s. w., die Richtung von Mohs aber hauptsächlich W. Haidinger. Einen mehr selbstständigen Weg, gleichsam in der Mitte zwischen beiden, geht C. F. Naumann, Professor der Mineralogie in Leipzig. Er führte eine zweckmäßige und einfache krystallographische Zeichensprache in die Wissenschaft ein, sowie er neuerdings [1]) eine konsequente Nomenklatur für die Formen der verschiedenen Krystallsysteme gab.

Die Aufstellung der verschiedenen Krystallsysteme und die Einreihung aller in der Natur vorkommenden Formen der Mineralien in dieselben beruhte anfänglich nur auf mathematischen Prinzipien, wurde aber später auch durch einige besondere Eigenthümlichkeiten der anorganischen Körper gerechtfertigt. Hieher gehört besonders die Bestätigung des Unterschieds der krystallographischen Systeme durch optische Eigenschaften der Mineralien, wie dieß Brewster zuerst nachwies, indem er diese zugleich nach ihrem optischen Verhalten in optisch einaxige und optisch zweiaxige Krystalle eintheilte; eine Eintheilung, welche in der innigsten Verbindung mit der krystallographischen steht. Da nun die eine oder die andere jener optischen Erscheinungen nur bei bestimmten Krystallisations-Verhältnissen zu finden ist, so war man dadurch auch im Stande, das Krystallsystem mancher Mineralsubstanz genauer bestimmen zu können; já man wurde selbst durch dieses Mittel zu der Trennung von Mineralien geführt, die man bis dahin wegen der Uebereinstimmung in ihren sonstigen Eigenschaften für ein Spezies gehalten hatte, wie dieß namentlich beim Glimmer der Fall war, von welchem wir nun eine einaxige, rhomboedrische, und eine zweiaxige, rhombische, Spezies kennen.

Während dieser Periode der Ausbildung des mathematischen Theils der Mineralogie blieb auch der chemische nicht zurück. Schon seit den Fortschritten jener Untersuchungen war die Ergründung des Verhältnisses der chemischen Zusammensetzung der Mineralien zu ihrem krystallographischen Charakter und ihren physischen Eigenschaften Gegenstand naturhistorischer Forschungen gewesen; da jedoch die Resultate chemischer Analysen nichts als ein Register der Mischungstheile von Verbindungen waren, so konnte auch ein Erfolg in jener Hinsicht nicht erwartet werden. Als aber die Fortschritte in der Chemie in jenen Resultaten der Analysen den Ausdruck von Gesetzen nachwiesen, die zur Begründung der Stöchiometrie führten, so mußten die berührten Untersuchungen auch einen erfreulicheren Gang nehmen. Die erworbenen Erfahrungen im Gebiete der Stöchiometrie, die zunächst die künstlichen Salze betrafen, wurden bald auch bei den Mineralien in Anwendung gebracht; eine Anwendung, welche die Wissenschaft Berzelius verdankt. Er wies die Gesetzmäßigkeit in der Konstitution der Mineralien nach, indem er zugleich durch eine höchst einfache und zweckmäßige stöchiometrische Zeichensprache eine kurze und klare Darstellung derselben gab, wodurch es möglich wurde, die anorganischen Körper in Beziehung ihrer Zusammensetzung und ihrer übrigen Eigenschaften umfassender zu vergleichen und die Aehnlichkeit von Verbindungen darzuthun, die früher verborgen waren. Aber gerade diese Vergleichungen führten auch auf der anderen Seite wieder zu Resultaten, welche mit der chemischen Atomenlehre im Widerspruch zu sein schienen. Man fand nämlich Mineralien, die ihren krystallographischen und physischen Eigenschaften nach die entschiedenste Aehnlichkeit oder Gleichheit, aber ihrer Mischung nach oft sehr wesentliche Verschiedenheiten wahrnehmen ließen. Da

[1]) Elemente der Mineralogie. Leipzig 1846.

machte zuerst (1822) J. N. Fuchs, Professor der Mineralogie zu München, darauf aufmerksam, daß es Mischungstheile gebe, die sich ohne wesentliche Veränderung der stöchiometrischen Verhältnisse und des physischen Charakters der anorganischen Körper gegenseitig austauschen und vertreten könnten, und nannte solche vikarirende Mischungstheile. Diese Entdeckung wurde jedoch nicht so beachtet, wie sie es verdiente; man kam der Sache auf einem andern Wege bei, indem man auf die Uebereinstimmung der Krystallformen verschiedener Substanzen aufmerksam machte. Mitscherlich, Professor der Chemie zu Berlin, wies zuerst nach, daß diese Uebereinstimmung in der Gestalt Folge einer Aehnlichkeit in der Zusammensetzung sei; jene Aehnlichkeit in der Gestalt nannte er Isomorphismus, und die Substanzen, welche dieselbe zeigten, isomorphe Körper. Aus seinen Untersuchungen leitete er folgendes Gesetz ab: Von einer gleichen Anzahl auf gleiche Weise verbundener Atome entstehen gleiche Krystallformen. Die Krystallgestalt wäre also nicht von der chemischen Natur, sondern von der Anzahl und von der relativen Lage der Atome abhängig. Solche mit gleichen Mischungs-Verhältnissen und gleichen Krystallgestalten versehene anorganische Körper können sich wechselsweise in ihren Verbindungen vertreten, ohne daß dadurch eine wesentliche Veränderung der Krystallformen entstehe. Die Verfolgung der Erscheinungen des Isomorphismus haben der Mineralogie sehr wesentlichen Nutzen geleistet: Aehnlichkeit in der Zusammensetzung führte schon in manchen Fällen auf eine genauere Bestimmung der krystallographischen Verhältnisse mancher Mineralien, so wie man auf der anderen Seite durch Uebereinstimmung in der Krystallisation gewisser anorganischer Körper auf deren eigentliche Zusammensetzung aufmerksam wurde.

Die Fortschritte, welche die Wissenschaft durch krystallographische Forschungen und chemische Untersuchungen, sowie durch genauere Auffassung und Fixirung der physischen Eigenschaften unterstützt, auf solche Weise machte, mußten sich nun auch durch eine schärfere Diagnose der einzelnen Mineralien zu erkennen geben. Und so finden wir denn, daß manche früher zusammengestellte Substanzen, nun, da man die Verschiedenheit ihrer chemischen Zusammensetzung oder ihres krystallographischen Charakters näher kennen gelernt hatte, getrennt und als besondere Spezies aufgeführt werden mußten. Der rege Eifer, mit welchem die anorganische Natur durchforscht wurde, trug ebenfalls zur Entdeckung einer Menge von neuen Mineralien bei, so daß sich die Zahl derselben in den letzten Jahrzehnten sehr bedeutend vermehrt hat. Es ist hier nicht der Ort, alle die Männer zu nennen, welche sich in den letztverflossenen Dezennien in einer oder der anderen Hinsicht um unsere Wissenschaft verdient gemacht haben, weil wir nur eine kurze Uebersicht der Geschichte derselben geben wollten; aber das wollen wir noch bemerken, daß es den vereinten Bemühungen derselben gelang, die Wissenschaft in kurzer Zeit auf eine hohe Stufe der Vollkommenheit zu heben, und so gleichsam das Versäumte nachzuholen. Einige weitere geschichtliche Andeutungen werden wir bei der Systemkunde geben.

Die spezielle Mineralogie zerfällt in zwei Theile: in einen vorbereitenden und einen angewandten. Da sie eine wissenschaftliche Darstellung der Mineralien nach ihren Eigenschaften sein soll, so müssen auch diese Eigenschaften näher angegeben und zusammengestellt werden, was in einem besonderen Abschnitt des ersten Theiles, in der Terminologie, geschieht, während ein zweiter Abschnitt, Systematik, die Reihenfolge feststellt, nach welcher die einzelnen Mineral-Spezies zu betrachten sind; welche Betrachtung selbst aber Sache des angewandten Theiles oder der Physiographie ist.

Erster Abschnitt.

Vorbereitungslehre.

I. Terminologie oder Kennzeichenlehre.

Diese beschäftigt sich mit den Kennzeichen im Allgemeinen, oder denjenigen Eigenschaften der Mineralien, welche zur Bestimmung und Unterscheidung derselben von einander dienen. Diese Eigenschaften betreffen nun zum Theil die Gestalt der Mineralien, zum Theil ihre Verhältnisse zu andern Dingen oder endlich die Beschaffenheit ihrer Substanz. Die Kennzeichen sind daher entweder morphologische, physische oder chemische.

Morphologische Kennzeichen. Morphologie.

In Beziehung ihrer Gestaltung lassen die Mineralien zwei wesentliche Verschiedenheiten wahrnehmen, indem sie nämlich entweder gesetzlich gestaltet, krystallinisch, oder gestaltlos, amorph, im Zustande des Starren erscheinen, und sich daher sehr bestimmt entgegenstehen. Jene aber sind die eigentlichen Individuen des Mineralreichs. Haben nämlich die verschiedenen Eigenschaften eines Mineralkörpers einen inneren gesetzlichen Zusammenhang, so ist derselbe ein Individuum, ein für sich bestehendes Einzelding. Jene Ausbildung bedingt also die Natur und die Wesenheit von diesem, und die regelmäßige äußere Gestalt, welche wir bei vielen Mineralien treffen, ist nur eine Folge von jener. Diese regelmäßigen polyedrischen Formen der anorganischen Körper werden Krystalle genannt, und sind als die vollkommen ausgebildeten Individuen zu betrachten. Da aber diese freie und vollständige Formenausbildung selten ist, indem die anorganischen Individuen dem herrschenden Gesetz der Aggregation unterworfen und daher gewöhnlich in großer Anzahl auf verschiedene Weise mit einander verwachsen sind, wobei sie sich gegenseitig in ihrer Ausbildung störten, so müssen jene dennoch, indem sie ihre Individualität durch den inneren Zusammenhang ihrer physischen Eigenschaften bethätigen, als Individuen angesehen werden. Daraus geht hervor, daß jeder Krystall ein Individuum, aber nicht jedes Individuum ein Krystall sei. Die Morphologie scheidet sich daher in Betrachtung der Krystalle, Krystallographie, und in die der Aggregate und amorphen Mineralien.

a. Krystallographie.

Krystall heißt also jeder anorganische feste Körper, der eine ursprüngliche regelmäßige Form besitzt. Diese Form ist von einer gewissen Anzahl ebener Flächen bedingt, welche alle unter bestimmten Winkeln zu einander geneigt sind. Der Prozeß der Entstehung von Krystallen wird Krystallisation, die unbekannte Ursache dieser merkwürdigen Bildungen aber Krystallisationskraft genannt.

Die Begrenzungstheile der Krystalle heißen Flächen, Kanten und Ecken. — Die Flächen, diejenigen Ebenen, welche einen Krystall umschließen, sind nach ihrer Form: dreiseitig, und zwar gleichseitig, gleichschenkelig oder ungleichseitig; vierseitig, hierher gehören, je nachdem die gegenüberliegenden Seiten parallel laufen und gleich sind oder nicht, 1. Parallelogramme: Quadrat oder Tetragon, Rechteck oder Rektangel, Raute oder Rhombus und Rhomboid; 2. Klinogramme: Trapeze und Trapezoide; fünfseitig, Fünfecke oder Pentagone; sechsseitig, Sechsecke oder Hexagone. Flächen, die einander gleich und ähnlich sind und eine gleiche Lage haben, heißen gleichartig, im umgekehrten Falle ungleichartig. — Kanten werden diejenigen Linien genannt, in welchen sich zwei geneigte Flächen schneiden, und der Winkel, unter welchem dieß geschieht, heißt Kantenwinkel, der entweder rechtwinkelig, stumpf oder scharf ist. Kanten von gleichnamigen Flächen gebildet nennt man gleichflächig, im anderen Fall ungleichflächig. Gleichartig sind die Kanten, welche gleiche Länge, Lage und Neigungswinkel besitzen. — Ecken, diejenigen Punkte, in welchen drei oder mehr geneigte Flächen oder Kanten sich vereinigen, sind gleichartig, wenn sie von gleicher Zahl und Art von Flächen und Kanten gebildet werden. Es gibt drei-, vier-, sechs- oder mehr-kantige oder flächige Ecken. Eine Ecke, in welcher lauter gleiche Kanten auslaufen, heißt gleich- oder einkantig, im entgegengesetzten Fall ungleichkantig; sind bei einer ungleichkantigen Ecke die abwechselnden Kanten gleich, so wird sie symmetrisch genannt.

Axen. — Diejenigen Linien, welche man sich durch den Mittelpunkt der Krystalle gelegt, und in der Mitte zweier Flächen oder Kanten, oder der Spitze zweier Ecken, die einander gegenüberstehen und gleich sind, endigen denken kann, werden Krystallaxen genannt. Man unterscheidet daher auch Flächen-, Kanten- und Ecken-Axen. Hinsichtlich der Zahl der Axen sind die Krystalle entweder drei- oder vieraxig, je nachdem man drei oder vier zu ihrer Bestimmung anwenden muß. Auch kommt die Stellung der Axen zu einander in Betracht, ob sich dieselben nämlich im Mittelpunkte der Krystalle unter rechtem oder schiefem Winkel schneiden. Bei der Beschreibung aber sind die Krystalle stets in die Lage zu bringen, daß eine Axe vertikal vor den Beobachter zu stehen kommt, und diese nennt man die Hauptaxe, während die andern Axen Quer- oder Nebenaxen heißen. Diejenigen Krystalle, welche drei rechtwinkelige gleiche Axen besitzen, kann jede derselben Hauptaxe sein; wo dieß aber nicht der Fall ist, wird immer die Axe zur Hauptaxe gewählt, welche an dem Krystall die einzige ihrer Art ist. Nach dieser Bestimmung werden auch die Krystalle in viel- und einaxige eingetheilt.

Flächen, Kanten und Ecken erhalten, je nach ihrer Lage zur Hauptaxe, besondere Benennungen. Liegt dieselbe zwischen Flächen, so werden diese Endflächen, zwischen Kanten End- oder Gipfelkanten, zwischen Ecken Pol- oder Scheitelecken, auch Scheitel genannt. Flächen und Kanten, die in einem Scheitel auslaufen, heißen Scheitelflächen und Scheitelkan-

solche, die der Hauptaxe parallel laufen, Seitenflächen und Seitenkanten. Kanten, die der Hauptaxe nicht parallel laufen, dieselbe auch bei ihrer gedachten Verlängerung nicht schneiden, nennt man Randkanten, und die Ecken, an deren Bildung letztere Theil nehmen, heißen Randecken.

Die verschiedenen Krystallformen unterscheiden sich besonders dadurch, daß sie entweder von gleichartigen oder von ungleichartigen Flächen umschlossen werden, im ersteren Falle nennt man sie einfache, im anderen zusammengesetzte Formen. Ferner unterscheidet man geschlossene und offene Gestalten, solche, deren Flächen einen Raum vollkommen umschließen, und solche, bei denen dieß nicht der Fall ist. Formen, die als die symmetrischen Hälften oder Viertel von anderen angesehen werden können, werden in Beziehung auf diese, welche vollflächig oder homoedrisch heißen, hemiedrische und tetartoedrische genannt. Grundform heißt diejenige Form, von welcher alle Gestalten einer Mineralspezies abgeleitet werden, während man diese abgeleitete Formen nennt.

Jede Veränderung, welche an einer Grundform stattfindet, betrifft entweder die Ecken oder die Kanten, indem dieselben durch eine oder mehrere Flächen ersetzt erscheinen. Aber diese Veränderungen sind durchaus nicht willkürlich, sondern einem bestimmten Gesetz, dem der Symmetrie, unterworfen. Nach diesem müssen gleichartige Theile einer Krystallgestalt bei eintretenden Kombinationen gleiche Veränderungen erleiden. Zuweilen wird nur die Hälfte der gleichnamigen Theile eines Krystalls modifizirt, so daß die Flächen hemiedrischer Gestalten auftreten; das Gesetz, nach welchem diese Veränderung geschieht, wird Polaritäts-Gesetz genannt. Die Veränderung der Axen, welche bei eintretenden Kombinationen vorkommen kann, findet ebenfalls nach einem bestimmten Gesetz statt, indem die Axen in solchen Fällen stets nach rationalen, ganzen oder gebrochenen Koeffizienten, die gewöhnlich sehr einfach sind, verlängert oder verkürzt werden.

Um eine schnellere Uebersicht aller in der Natur vorkommenden Krystallformen zu erhalten, hat man dieselben in Krystallsysteme oder in solche Gruppen von Gestalten gebracht, welche nach dem Gesetz der Symmetrie in einander übergehen können. Die Aufstellung von Krystallsystemen gründet sich auf die Zahl, die Neigung und Länge der Axen. Hiernach läßt sich folgendes Schema der Systeme aufstellen:

A. Dreiaxige Gestalten.
- a. Alle drei Axen schneiden sich unter rechten Winkeln.
  - α. Alle sind gleich groß . . . . 1. Tesseral-System.
  - β. Zwei sind gleich, die dritte ist kleiner oder größer . . . . 2. Tetragonal-System.
  - γ. Alle sind ungleich . . . . . 3. Rhombisches System.
- b. Nur zwei Axen sind rechtwinkelig, die dritte schiefwinkelig . . . . . 4. Klinorhombisches System.
- c. Alle drei Axen schneiden sich unter schiefen Winkeln . . . . . . 5. Klinorhomboidisches System.

B. Vieraxige Gestalten. Drei der Axen liegen in einer Ebene, schneiden sich unter Winkeln von 60° und sind gleich; die vierte, größer oder kleiner als jene, steht senkrecht auf diesen . . . . . . 6. Hexagonal-System.

In eins dieser Systeme lassen sich alle bis jetzt im Mineralreiche beobachtete Krystalle einordnen. Nie können die Formen einer und derselben Mineralspecies zweien Systemen angehören. Jedes dieser Systeme enthält einige wenige Grundformen, von denen wir die vorzüglichsten anführen wollen.

1. Tesseral-System: (Tessularisches, reguläres, vielaxiges, einaxiges oder isometrisches System). a. Würfel oder Hexaeder. Er besteht aus 6 gleichen quadratischen Flächen, diese bilden 8 gleiche Ecken und 12 gleiche Kanten. — Steinsalz, Bleiglanz, Silberglanz. — b. Oktaeder. Es wird von 8 gleichseitigen Dreiecken umschlossen; die 6 Ecken und 12 Kanten untereinander gleich. Kantenwinkel = 109° 28′. — Diamant, Alaun, Spinall, Magneteisen, Roth-Kupfererz. — c. Rauten- oder Rhomben-Dodekaeder. Aus 12 gleichen rhombischen Flächen bestehend, mit 24 gleichen Kanten und 8 dreiflächigen und 6 vierflächigen Ecken. Kantenwinkel = 120°. — Granat, Sodalit, Blende, Amalgam. — d. Tetraeder. Aus vier gleichseitigen Dreiecken bestehend, mit 6 gleichen Kanten und 4 gleichen Ecken. Kantenwinkel = 70° 32. — Borazit, Fahlerz, Helvin. — e. Petagon-Dodekaeder. Aus 12 symmetrischen Petagonen umschlossen, mit 6 regelmäßigen Gipfelkanten, und 24 unregelmäßigen Nebenkanten, 8 gleichkantigen dreiflächigen, und 12 ungleichkantigen dreiflächigen Ecken. — Eisenkies, Glanzkobalt. — Diese Formen treten in verschiedenen Kombinationen miteinander auf. Auch kommen noch einige Gestalten vor, die besonders benannt werden, wie Tetrakishexaeder, Tetrakisoktaeder, Trapezoeder.

2. Tetragonal-System. (Quadratisches, pyramidales, monodimetrisches, viergliederiges oder zwei- und einaxiges System.) a. Quadrat-Oktaeder (tetragonale Pyramide), wird von 8 gleichschenkeligen Flächen gebildet, deren Mittelseiten in einer Ebene liegen und ein Quadrat bilden, mit 8 Scheitelkanten und 4 Randkanten, 2 Scheitel und 4 Randecken. Sie sind theils stumpf, theils spitz, je nachdem die Hauptaxe kleiner oder größer als die Queraxe ist. Nach ihrer Stellung zu einander gibt es Quadrat-Oktaeder erster und zweiter Ordnung. — Zirkon, Scheelit, Hausmannit, Anatas. — b. Quadrat-Säule; sie ist zusammengesetzt aus 2 quadratischen Endflächen und 4 rektangulären Seitenflächen, und diese bilden 8 gleiche Randecken, 4 Seiten- und 8 Randkanten. Es gibt niedere und hohe Säulen, und nach ihrer Stellung zu einander Säulen erster und zweiter Ordnung. — Apophyllit, Wernerit, Idokras, Chlor-Quecksilber. Beide Formen kommen in verschiedenen Kombinationen vor.

3. Rhombisches System. (Zwei- und zweigliederiges, ein- und einaxiges, orthotypes System.) a. Rhomben-Oktaeder (Rhombische Pyramide); wird von 8 ungleichseitigen Dreiecken gebildet und besitzt 2 Scheitel und 4 Randecken, von denen 2 stumpf und 2 spitz sind, ferner 4 Randkanten und 8 Scheitelkanten, 4 scharfe und 4 stumpfe. — Schwefel, Antimonglanz, Skorodit. — b. Rektangulär-Säule; aus 6 Rektangeln bestehend, von denen 2 Endflächen und 4 Seitenflächen bilden, mit 8 unter sich gleichen Ecken, 4 Seitenkanten und 8 Randkanten, von denen 4 lang und 4 kurz sind. — Anhydrit, Harmotom, Stilbit, Chrysolith, Bournonit. — c. Rhomben-Säule; aus zwei rhombischen Endflächen und 4 rektangulären Seitenflächen bestehend, mit 4 spitzen und 4 stumpfen Ecken, 2 stumpfen und 2 scharfen Seitenkanten und 8 unter sich gleichen Randkanten. — Barytspath, Arragonit, Prehnit, Topas, Manganit, Arsenikkies. —

4. Klinorhombisches System. (Zwei- und eingliederiges, hemiorthotypes, monoklinoedrisches System.) a. Klinorhomben-Säule, aus zwei rhombischen Endflächen und 4 rhomboidischen Seitenflächen mit 2 Mittelseiten

gegen welche die Endflächen geneigt sind, und 2 Nebenseiten, 4 scharfen und 4 stumpfen Randkanten, 2 spitzen und 2 stumpfen Ecken und 4 unter sich gleichen Seitenecken. — Augit, Hornblende, Feldspath, Realgar, Datolith, Kupferlasur. — b) Klinorektangulär-Säule, wird aus 4 rektangulären Flächen, von denen 2 End- und 2 Seitenflächen, und 2 rhomboidischen Seitenflächen gebildet, mit 4 Seitenkanten, 2 scharfen und 2 stumpfen und 4 Neben-Randkanten, 4 spitzen und 4 stumpfen Ecken. — Gyps, Heulandit, Eisenblau, Kobaltblüthe.

5. Klinorhomboidisches System. (Ein- und eingliederiges, anorthotypes, triklinoedrisches System). Klinorhomboidische Säule aus 8 Rhomboiden, von denen immer zwei gegeneinander überliegende gleich sind, mit 2 scharfen und 2 stumpfen Seitenkanten, 4 Längen- und 4 Breitenrandkanten, von denen je 2 stumpf und 2 scharf sind, 2 spitze und 2 stumpfe Ecken und 4 Seitenecken, von denen ebenfalls 2 spitz und 2 stumpf sind. — Albit, Disthen, Axinit, Kupfer-Vitriol.

6. Hexagonal-System (Drei- und einaxiges, sechsgliederiges, rhomboedrisches, monotrimetrisches System.) a. Hexagonal-Dodekaeder (Hexagonal-Pyramide) aus 12 gleichschenkeligen Dreiecken bestehend, mit 12 Scheitelkanten und 6 Randkanten, 2 sechsflächigen Ecken, Scheitel, und 6 vierflächigen Randecken. — Pyromorphit. — b. Hexagonal-Säule; aus 2 regelmäßigen sechsseitigen Endflächen und 6 rektangulären Seitenflächen, mit 12 Randkanten, 6 Seitenkanten und 12 Ecken. — Apatit, Nephelin, Smaragd, Molybdänglanz, Magnetkies. — c. Rhomboeder; wird von 6 Rhomben umschlossen, mit 6 Scheitelkanten, 6 zickzackförmig auf- und absteigenden Randkanten, 2 gleichkantigen Scheiteln und 6 unregelmäßigen dreiflächigen Randecken. Secundäre Rhomboeder, deren Flächen in gleicher Richtung zur Hauptaxe geneigt sind, wie die des Stammrhomboeders, werden Rhomboeder erster Ordnung oder normaler Stellung, solche aber bei denen dies nicht der Fall, deren Flächen sich um 60° gegen die Hauptaxe gedreht haben, Rhomboeder zweiter Ordnung oder verwendeter Stellung genannt. Außerdem unterscheidet man spitze und stumpfe Rhomboeder, je nachdem ihre Randkanten-Winkel größer oder kleiner sind als 90°. — Kalkspath, Korund, Turmalin, Eisenglanz, Eisenspath.

Was der Betrachtung und Bestimmung der regelmäßigen Formen in der Natur störend in den Weg tritt, das sind die Unvollkommenheiten, welche die Flächen und Gestalten der meisten Krystalle in größerem oder geringerem Grade wahrnehmen lassen. Mit diesen bekannt zu werden ist sehr wichtig, damit man nicht an dem Werth krystallographischer Kennzeichen zweifle. Jene Unvollkommenheiten betreffen nun theils die Flächen, theils die Gestalt der Krystalle. Selten sind die Flächen ganz eben und glatt, meistens sehen wir sie mit Unebenheiten versehen, die man mit rauh, gestreift und drusig bezeichnet. Manchmal sind sie auch gekrümmt, so daß zuweilen sattel- oder linsenförmige Gestalten entstehen, Eisenspath, Bitterspath. Es gibt auch Krystalle, die das Aussehen besitzen, als ob durch eine beginnende Schmelzung Flächen, Kanten und Ecken zugerundet worden wären, Augit, Apatit, Bleiglanz. Uebrigens ist als ein allgemeines und wichtiges Gesetz anzunehmen, daß alle gleichartige Flächen einer und derselben Form, auch eine und dieselbe Beschaffenheit der Oberfläche besitzen. — Noch häufiger leidet die Gestalt der Krystalle und zwar ganz besonders durch ungleiche Ausdehnung gleichartiger Flächen, so daß jene mehr oder weniger entstellt, nicht selten bis zur Unkenntlichkeit verzerrt und verzogen werden; dabei zeigen sich zuweilen einzelne Flächen verdrängt, wodurch Unvollzähligkeit derselben entsteht. Manchmal findet bei Krystallen eine geringe

Ausdehnung nach einer Dimension statt, während die beiden anderen Dimensionen vorherrschen, oder es tritt der umgekehrte Fall ein, die Krystalle sind dann entweder dünn tafelartig, oder haarförmig, auch nadelförmig. Die Unvollständigkeit der Umrisse kommt häufig bei Krystallen vor. Die meisten ganz vollständigen Krystalle haben sich ursprünglich in einer sie umgebenden Masse (Gebirgsart) ausgebildet, sie sind einzeln eingewachsene Krystalle, und daher oft auch nur zum Theil sichtbar, die lose, und dann meist rundum ausgebildet erscheinen, wenn jene Masse durch Verwitterung zerfällt, oder wenn sie künstlich aus derselben herausgelöst werden. Aufgewachsene Krystalle aber, d. h. solche, welche auf einer Unterlage aufsitzen, sind stets unvollständig. Man ist daher manchmal genöthigt, nach einzelnen Theilen eines Krystalls auf dessen ganze Form zu schließen. So groß aber auch diese Unvollständigkeit der Krystalle sein mag, so haben wir doch in den meisten Fällen in der Beständigkeit der Kantenwinkel ein Gesetz, das uns bei Bestimmung der Formen leiten wird. Da nämlich die Lage der Flächen zu einander auch bei aller ungleichen Ausdehnung derselben unveränderlich bleibt, so ist uns in dem Messen der Kantenwinkel ein Mittel geboten, jenen Zweck zu erreichen und zur Bestimmung der Krystallformen zu gelangen.

Das Messen des Neigungswinkels zweier Krystallflächen zu einander geschieht mit besondern Instrumenten, Goniometer genannt; und diese sind theils Anlege- oder Contact-Goniometer, theils Reflexions-Goniometer. Erstere sind so eingerichtet, daß mittelst zweier mit einem eingetheilten Halbkreis verbundener Liniale, welche man auf die Krystallflächen auflegt, die Messung vorgenommen wird, während bei letzteren dieselbe durch die Reflexion des Lichts geschieht. Jene Art, die Winkel zu messen, ist mangelhaft, und wird nur da angewendet, wo das Reflexions-Goniometer nicht gebraucht werden kann, oder wo es nur um Ermittelung der ungefähren Größe der Winkel zu thun ist. Das Reflexions-Goniometer gibt viel schärfere Resultate, allein es setzt bei seiner Anwendung stets glatte und glänzende Krystallflächen voraus.

Sehr oft kommt in der Natur die Erscheinung vor, daß zwei gleichgestaltete Krystalle einer und derselben Mineralspecies nach bestimmten Gesetzen mit einander verwachsen sind, Zwillings-Krystalle bilden. In der Stellung, welche beide Individuen gegenseitig einnehmen, zeigen sich ihre Axen entweder parallel oder zu einander geneigt; nach der Art und Weise der Verwachsung derselben aber unterscheidet man aneinander und durcheinander gewachsene Individuen, Contact- oder Durchwachsungs-Zwillinge. Beide lassen sich in vielen Fällen an den einspringenden Winkeln erkennen. Die durch Aneinanderwachsung oder Juxtaposition entstandenen Zwillinge haben häufig das Aussehen, als ob sie aus zwei Hälften eines und desselben Individuums bestünden, von welchen die eine Hälfte auf der anderen um 60°, Magneteisen, oder 180°, Augit, Hornblende gedreht worden sei, weßwegen man diese auch Hemitropieen genannt hat. Zwillinge, welche durch das Durcheinanderwachsen entstanden, heißen Kreuz-Krystalle, wenn die beiden Individuen unter rechtem Winkel zu einander stehen, Staurolith, Harmotom.

Literatur. C. M. Marx, Geschichte der Krystallkunde, Carlsruhe und Baden 1825. — C. Fr. Naumann, Grundriß der Krystallographie, Leipzig 1826: desselben Lehrbuch der reinen und angewandten Krystallographie, Leipzig 1830. — J. Fr. Chr. Hessel, Krystallometrie, oder Krystallonomie und Krystallographie. Besonders abgedruckt aus Gehlers neu bearbeitetem phys. Wörterbuch, Leipzig 1831. — A. J. Kupffer, Handbuch der rechnenden Krystallonomie, St. Petersburg 1831. — G. Rose, Elemente der Krystallographie, 2. Aufl., Berlin 1838. — Quenstedt, Methode der Krystallographie, Tübingen 1840. — C. Fr. Naumann, Anfangsgründe der Krystallographie, Dresden 1841.

b. Morphologie der Aggregate.

Der Aggregatzustand, der für die Massen des Mineralreichs ganz besonders charakteristisch ist, läßt verschiedene Stufen wahrnehmen, je nachdem nemlich die Individuen noch deutlich erkennbar sind oder nicht. Im ersteren Fall kann man weiter unterscheiden, ob die Individuen wenigstens zum Theil auskrystallisirt sind, krystallisirte Aggregate, oder nicht, krystallinische Aggregate; im anderen Falle aber, wo die Individuen des Aggregats so klein sind, daß ihre Zusammensetzung nicht mehr zu beobachten ist, nennt man dieselbe dicht.

Die krystallisirten Aggregate sind entweder Krystall-Gruppen oder Krystall-Drusen. Unter ersteren versteht man eine Zusammenhäufung vieler ausgebildeter Krystalle, die sich gegenseitig unterstützen, und sie sind theils eingewachsene, freie, theils aufgewachsene Krystall-Gruppen. Jene enden ringsum in Krystallen, werden von einer Gebirgsart umschlossen und erscheinen in gewissen Gestalten, die man kugelig, sphäroidisch, knollig u. s. w. nennen kann; diese aber haben sich auf einer fremdartigen Unterlage gebildet, und, je nachdem der Typus der Individuen verschieden ist, verschiedene Gestalten angenommen. So werden draht-, zahn-, nadel- oder haarförmige Gestalten gebildet, wenn bei tesseraler Form der Individuen reihenförmige Verbindung statt findet, was besonders bei gediegenen Metallen, Gold, Silber, Kupfer, zu treffen ist. Gruppirungen jener Aggregate veranlassen baum-, ast-, moosförmige Gestalten. Aneinanderreihungen in einer Ebene rufen blatt- oder blechförmige Gestalten hervor. — Haben die Krystalle der Aggregate tafelartigen Typus, so zeigen dieselben nicht selten keil-, fächer-, kamm-, garbenförmige Formen 2c. — Die Gruppirung von Krystallen mit stängelichem Typus ruft büschel- oder sternförmige Gestalten hervor. — Der größte Theil der bisher angeführten Gestalten der krystallisirten Aggregate, so wie viele der krystallinischen und amorphen Mineralien, werden nachahmende Gestalten genannt, insofern sie sich nämlich mit gewissen Kunst- oder Naturgegenständen vergleichen und danach benennen lassen. — Unter Krystall-Druse versteht man ein Aggregat vieler nebeneinander gebildeter Krystalle, welche auf einer gemeinschaftlichen Unterlage sitzen.

Die krystallinischen Aggregate bestehen aus einer Menge von Individuen, die sich gegenseitig an ihrer Formenausbildung hinderten, und mehr oder minder fest mit einander verwachsen, ein Ganzes bilden, welches manchmal einen bedeutenden Umfang besitzt. Die Art und Weise wie diese Zusammensetzung erscheint, die Textur oder die Form der Zusammensetzungsstücke ist verschieden. Man unterscheidet körnig, blätterig oder schaalig, und stängelig oder faserig, je nach der gleichen oder ungleichen Ausdehnung der Individuen, nach den drei Dimensionen. Jede dieser Aggregatform zerfällt wieder, nach der Größe der Individuen, in mehrere Unterabtheilungen, wie z. B. in grob- und feinkörnig, in dick- und dünnschalig, in dick- und dünnstängelig, in grob- und feinfaserig u. s. w. Durch schalige Aggregate werden zuweilen vollständige Kugeln, Erbsenstein, durch faserige Halbkugeln, und durch Verbindung der letzteren trauben- und nierenförmige Gestalten gebildet. Auch die tropfsteinartige Formen, Stalaktiten und Stalagmiten sind hierher zu rechnen. — Zu den sogenannten zufälligen Gestalten gehören besonders die Formen, welche Mineralien zeigen, die in beschränktem Raume gebildet wurden; indem jene ganz von der Form der begrenzenden Masse abhängig ist. Mineralien der Art sind theils von gleichzeitiger Entstehung mit der sie umschließenden Masse, theils spätere Ausfüllungen hohler Räume. Die ersteren zeigen verschiedene Größe

und werden theils derb, theils eingesprengt genannt, je nachdem jene einen halben Zoll übersteigt oder nicht. Ausfüllungen von Blasenräumen rufen kugel-, mandel- oder knollenförmige Gestalten hervor; diese sind zuweilen im Innern wieder hohl, und dann gewöhnlich mit Krystallen bedeckt, werden sie Geoden genannt. Wurden jedoch Spalten, Klüfte, Adern oder noch dünnere Räume mit Mineralsubstanz erfüllt, so entstanden Platten, Lagen, Anflüge u. s. w.

Zu den zufälligen Gestalten werden auch die Pseudomorphosen und Petrefakten gerechnet. Jene gehören zu den merkwürdigsten Erscheinungen im Gebiete des Mineralreichs. Man versteht aber unter Pseudomorphosen, Afterkrystallen, diejenigen regelmäßigen Gestalten, welche dem Minerale, das dieselben besitzt, seinem Krystall-System und seiner chemischen Zusammensetzung nach nicht zukommen. Sie gehören zwei verschiedenen Gruppen an, je nachdem nemlich zwischen den Bestandtheilen der ursprünglichen und denen der pseudomorphen Substanz eine theilweise Uebereinstimmung stattfindet oder nicht. Hiernach unterscheiden wir also: 1. Ummwandlungs-Pseudomorphosen, solche die durch Umwandlung eines Minerals in ein anderes mit Beibehaltung der Form gebildet wurden. Die Veränderungen, welche hierbei in der Substanz der Mineralien eintraten, beruhen auf Verlust oder Aufnahme von Bestandtheilen, oder auf Beidem zugleich, auf Austausch. Das pseudomorphe Mineral steht dabei immer noch in einer bestimmten chemischen Beziehung zu dem ursprünglichen, indem jenes stets noch einen oder den anderen, zuweilen selbst mehrere Bestandtheile aufzuweisen hat, welche auch diesem zukamen; seltener bestehen beide aus denselben Stoffen, und zeigen nur quantitative Verschiedenheit derselben. Am häufigsten kommen unter den Umwandlungs-Pseudomorphosen diejenigen in der Natur vor, bei deren Bildung ein Austausch von Stoffen stattgefunden hat. Uebrigens sind die Pseudokrystalle dieser Abtheilung ihrer Masse nach immer von Aggregaten oder amorphen Substanzen gebildet. — 2. Verdrängungs-Pseudomorphosen, solche, die durch Verdrängung eines Minerals durch ein anderes, mit Beibehaltung der Form des ersteren, gebildet wurden. Es nimmt also hier ein Mineral die Stelle eines anderen ein, ohne daß beide Bestandtheile gemein gehabt hätten. Es lassen sich zwei Fälle der Verdrängung unterscheiden: Umhüllung, indem eine Substanz eine andere überzieht, wobei diese verschwindet und gewöhnlich hohle Krystalle mit rauher und drusiger Oberfläche hervorgerufen werden, und Ersetzung, indem die Verdrängung hier von einem Punkte an ausgeht, und das neue Mineral das ältere der ganzen Masse nach ersetzt, wobei die Substanz des ersteren sich allmählig da absetzte, wo die des letzteren aufgelöst und weggeführt war. Umhüllungs- und Ersetzungs-Pseudomorphosen sind oft so ähnlich, daß man nicht zu bestimmen vermag, ob die Verdrängung auf die eine oder die andere Weise vor sich gegangen sei, indem nämlich auch bei den durch Umhüllung entstandenen Pseudomorphosen eine gänzliche Ausfüllung, wiewohl seltener vorkommt.

Breithaupt, über die Aechtheit der Krystalle, Freiberg 1815. — Haidinger, in Poggendorffs Annalen rc. Bd. 11, S. 163 und 366 ff. und Bd. 62 S. 161 ff — Landgrebe, über die Pseudomorphosen im Mineralreiche, Kassel 1841. — Blum, die Pseudomorphosen des Mineralreichs, Stuttgart 1843. Nachtrag dazu, Stuttgart 1847.

Manche Mineralien zeigen die Formen von organischen Körpern, theils thierischen, theils pflanzlichen Ursprungs, und sind dann unter dem Namen Versteinerungen oder Petrefakten bekannt. Sie lassen manche Analogieen mit den Pseudomorphosen wahrnehmen, und ihr Entstehen verdanken sie wohl denselben Vorgängen, wie diese. Ein Theil derselben wurde durch Umwandlung hervorgerufen, wie das z. B. bei den Schalen von Molusken der Fall ist, die

jetzt aus Kalkspath bestehen, ein anderer Theil durch Verdrängung; denn wenn wir z. B. Chalzedon oder Eisenkies in den Formen von Moluskeu finden, so ist hier von der früheren festen Substanz des Thieres Alles verschwunden, und durch eine andere anorganische Masse ersetzt worden. Diese Masse ist entweder eine schwere metallische Substanz, ein Erz, oder eine andere, daher der Unterschied zwischen Vererzungs- und Versteinerungsmittel. — Häufiger sind noch äußere Abdrücke von organischen Formen (Spurensteine), oder innere Abdrücke durch Ausfüllung entstanden (Steinkerne). — Zuweilen findet man auch die Formen organischer Körper durch bloße Ueberzüge, Inkrustationen, Uebersinterungen nachgeahmt.

Blum, die organischen Formen im Mineralreiche, in dessen Nachtrag zu den Pseudomorphosen des Mineralreichs, Stuttgart, 1847.

Die amorphen Mineralien sind theils flüssig, theils fest, jedenfalls aber ohne Spur von individueller Ausbildung. Letztere haben, wie schon früher bemerkt, manche Formen mit den Aggregaten gemein, und zu diesen gehören besonders die kugeligen, nierenförmigen, traubigen, tropfsteinartigen, knolligen u. s. w.

Manche Mineralien finden sich auch in sogenannten secundären Gestalten, nachdem sie nämlich durch verschiedene Umstände, wie durch mechanische Einwirkung, durch Reiben und Abschleifen u. s. w. ihre ursprüngliche Form verloren haben. Hierher gehören scharfkantige und stumpfeckige Stücke, Geschiebe, Körner, Sand und Staub.

Physische Eigenschaften. Mineralphysik.

Unter physischen Eigenschaften der Mineralien verstehen wir diejenigen, welche die mechanische Beschaffenheit derselben und ihre Beziehungen zu den Imponderabilien betreffen. Sie werden daher auch ohne Aenderung ihrer Mischung an ihnen wahrgenommen, und zwar entweder unmittelbar oder mittelst gewisser Versuche. Hierher gehören Kohärenz, Schwere, optische Eigenschaften, Phosphorescenz, Electricität, Magnetismus.

1. Kohärenz.

Hierunter versteht man den inneren Zusammenhalt der Körper, der sich durch den größeren oder geringeren Widerstand zu erkennen gibt, welchen er jeder mechanischen Trennung derselben entgegensetzt. Bei den Mineralien sind nun besonders in dieser Beziehung zu beachten:

a. Die Spaltbarkeit, oder diejenige Eigenschaft anorganischer Körper, nach gewissen Richtungen hin einen geringeren Grad von Zusammenhalt zu besitzen, als nach anderen, so daß sie nach jenen leichter getrennt, gespalten, werden können, als nach diesen. Die Flächen, welche durch diese Spaltung entstehen, werden Theilungs- oder Spaltungsflächen genannt, und sind oft von verschiedener Beschaffenheit, mehr oder weniger eben oder uneben, gestreift u. s. w. Die Richtung, nach welcher die Theilung geschieht, heißt Spaltungsrichtung, Durchgang oder Blätterdurchgang; sie ist immer einer der Flächen einer Krystallform parallel, die dem theilbaren Minerale angehört. Die Spaltbarkeit ist basisch, wenn die Hauptaxe rechtwinkelig durchschnitten wird; prismatisch, wenn sie den Seitenflächen einer Säule parallel läuft; diagonal bei Säulen, und hier nach der Kürze oder Länge brachy- oder makrodiagonal; bei klinorhombischen Säulen nach der Stellung der Queraxen ortho- oder klinodiagonal; pyramidal bei Quadrat- und Rhomben-

Oktaedern und Hexagonal-Dodekaedern; rhomboedrisch bei Rhomboedern: hexaedrisch, oktaedrisch und dodekaedrisch beim Würfel, regelmäßigen Oktaeder und Rautendodekaeder. Eine von Spaltungsflächen umschlossene Gestalt wird Spaltungs-Gestalt, Grundform genannt. Die Spaltbarkeit ist jedoch bei verschiedenen Mineralien in sehr verschiedenem Grade der Vollkommenheit vorhanden, so daß man in dieser Beziehung sehr vollkommen, vollkommen, unvollkommen und sehr unvollkommen spaltbar unterscheidet. Es gibt auch Mineralien, an denen man bis jetzt gar keine Spaltbarkeit beobachtet hat. Spaltungsflächen, die eine größere Verschiedenheit hinsichtlich ihrer Vollkommenheit wahrnehmen lassen, sind auch gewöhnlich krystallographisch verschieden. — Durch die Spaltbarkeit ist auch das Krystallsystem mehrerer Mineralien bestimmt worden, die man bis jetzt noch nicht in Krystallen gefunden hat.

b. Der Bruch. Hierunter versteht man diejenigen Flächen, Bruchflächen, welche ein Mineral erhält, wenn es nach Richtungen zerbrochen wird, nach welchen keine Spaltbarkeit statt findet. Diese Bruchflächen sind ihrer Form nach: eben, uneben oder muselig; nach der Beschaffenheit der Oberfläche aber: glatt, splitterig, hackig oder erdig. Bei Mineralien, welche sehr vollkommene Spaltbarkeit besitzen, ist oft der Bruch kaum wahrzunehmen; aber er tritt um so deutlicher hervor, je unvollkommener jene wird.

c. Die Härte. Hierunter versteht man den größeren oder geringeren Widerstand, den ein Mineral einem anderen Körper entgegensetzt, mit welchem es geritzt oder geschnitten werden soll. Diese Eigenschaft zeigt sich bei manchen Mineralien an einem und demselben Krystall verschieden nach verschiedenen Richtungen hin, und steht mit der Krystallisation in Verbindung. Man bedient sich derselben dennoch zur Unterscheidung von Mineralien, aber sie kann nur vergleichungsweise bestimmt werden, indem man ein Mineral durch ein anderes zu ritzen sucht. Auf dieser Methode beruht die Begründung der Härtescala, welche Mohs in die Wissenschaft eingeführt hat, indem er dabei von dem allgemeinen Satz ausging, daß von zwei Mineralien, von welchen das eine das andere ritze, das ritzende härter als das geritzte sei, und darnach mehrere Mineralien von ungefähr gleichen Härtedifferenzen in eine Reihe stellte, diese durch vorgesetzte Zahlen bezeichnete, und sie als feste Punkte zur Vergleichung der Härtegrade aller übrigen Mineralien anwendete. Diese Mineralien sind 1 = Talk, 2 = Gyps oder Steinsalz, 3 = Kalkspath, 4 = Flußspath, 5 = Apatitspath, 6 = Feldspath, 7 = Quarz, 8 = Topas, 9 = Korund, 10 = Diamant. Bei der Untersuchung eines Minerals auf seine Härte, verfahrt man nun auf die Weise, daß man mit einer scharfen Kante oder Ecke desselben die Glieder jener Skala zu ritzen versucht, indem man von den härteren zu den weniger harten übergeht. Ist man nun zu dem Glied der Skala, z. B. Apatit = 5, gekommen, welches von dem betreffenden Minerale geritzt wird, so versucht man nun, ob letzteres mit dem Minerale des nächst höheren Härtegrads also mit Feldspath = 6, zu ritzen ist; wäre dies nicht der Fall, so würde seine Härte gleich der des Feldspaths sein, ist es aber der Fall, so stünde seine Härte zwischen der des Feldspaths und des Apatits, und man bezeichnete dieselbe nach jenem Resultat mit = 6, nach diesem aber mit = 5, 5, also durch eine Decimalstelle.

Die Mineralien zeigen außerdem noch verschiedene Eigenschaften, welche in den Kohärenzverhältnissen derselben ihren Grund haben, sie sind nämlich spröde, wenn sich jede durch äußere Gewalt bewirkte Trennung der Theile von selbst nach verschiedenen Richtungen hin fortpflanzt, so daß sich Risse bilden und Splitter abspringen; milde, wenn die Unterbrechung des Zusammenhangs sich nur wenig fortpflanzt, und dabei ein Pulver gebildet wird; geschmeidig,

wenn die Trennung des Zusammenhangs nur so weit stattfindet, als der trennende Körper eingedrungen ist, und dabei weder Splitter noch Pulver entstehen, indem die getrennten Theile ihren Zusammenhang behalten; dehnbar, wenn sie sich unter dem Hammer strecken und zu Draht ziehen lassen; biegsam, wenn dünne Blättchen gebogen werden können, ohne zu brechen und nach der Biegung ihre frühere Lage nicht wieder einnehmen, ist letzteres aber der Fall, und zwar mit einer gewissen Heftigkeit, so sind sie elastisch.

2. Schwere.

Es ist allgemein bekannt, daß die verschiedenen Mineralien bei gleichem Volumen verschiedene Schwere unter einander zeigen; dieses Verhältniß des absoluten Gewichts zu dem Volumen wird specifisches Gewicht genannt, und ist als ein sehr wichtiges Kennzeichen anzusehen. Bei der Bestimmung des specifischen Gewichts der Körper hat man das des Wassers als Einheit angenommen, indem man jenes x mit diesem 1 vergleicht; zu dem Ende wird zuerst das absolute Gewicht a des Minerals bestimmt, dessen specifisches man sucht; darauf dasselbe Mineral im Wasser gewogen und der Verlust, der sich hierbei in dem Gewichte ergibt, als das Gewicht w einer gleich großen Wassermenge betrachtet, welche das Mineral aus ihrer Stelle gedrängt hat und nun nach der Gleichung $a : w = 1 : x$, das specifische Gewicht des Minerals gesucht, also $+ \frac{a}{w} = x$. Die Wägungen geschehen mit hydrostatischen Wagen, und man hat dabei besonders darauf zu sehen, daß man reine Stücke, frei von Poren und Höhlungen nehme; auch müssen dieselben vor der Wägung im Wasser, benetzt und mit Wasser abgerieben werden, um alle anhängende Luftbläschen zu vertreiben. Kleine Krystalle und das Pulver von Mineralien geben die genauesten Resultate.

3. Optische Eigenschaften.

Hierunter versteht man diejenigen Eigenschaften der Mineralien, welche in ihrem Verhalten gegen das Licht begründet sind. Hierher gehören:

a. Durchsichtigkeit, Pellucidät, die Fähigkeit der Mineralien, dem auf sie fallenden Lichte den Durchgang zu gestatten. Diese Eigenschaft ist bei den Mineralien in sehr verschiedenen Graden vorhanden, die man durch folgende Ausdrücke bezeichnet: α. durchsichtig: wenn man Gegenstände durch dieselben deutlich sehen kann; β. halbdurchsichtig: wenn die Gegenstände nur mit undeutlichen Umrissen sichtbar sind; γ. durchscheinend, wenn nur ein einförmiger Lichtschein bemerkbar ist; δ. an den Kanten durchscheinend, wenn dieser Lichtschein nur an dünnen Kanten größerer Stücke oder an Splittern zu bemerken ist. Zeigt ein Mineral selbst letztere Erscheinung nicht, so wird es undurchsichtig genannt.

b. Strahlenbrechung. Wenn ein Lichtstrahl schief auf einen durchsichtigen Körper fällt, so wird er bei seinem Eindringen in denselben von seiner Richtung abgelenkt, er erleidet eine Brechung, Refraktion. Diese Strahlenbrechung ist einfach, wenn der Lichtstrahl bei seinem Durchgang immer einfach bleibt; sie ist doppelt, wenn er durch die Einwirkung des Körpers in zwei Theile gespalten wird, so daß kleine Gegenstände, welche durch denselben in gewisser Richtung und Entfernung betrachtet werden, doppelt zu sehen sind.

Die doppelte Strahlenbrechung wurde zuerst beim Kalkspath von Island, daher isländischer Doppelspath, von Erasmus Bartholin aufgefunden, welcher zu Ende des siebzehnten Jahrhunderts eine besondere Schrift hierüber [Experimenta Crystalli Islandici. Copenhag. 1669.] herausgab.

Derjenige Strahl, welcher den gewöhnlichen Gesetzen der Brechung folgt, wird gewöhnlicher oder ordentlicher, der andere aber außerordentlicher oder ungewöhnlicher Strahl genannt. Bei allen Mineralien mit doppelter Strahlenbrechung gibt es jedoch eine oder zwei Richtungen, nach welchen keine doppelte Strahlenbrechung statt findet. Diese Richtungen heißen die Axen der doppelten Strahlenbrechung oder die optischen Axen. Die Eintheilung aller Mineralien mit doppelter Strahlenbrechung in optisch-einaxige und optisch-zweiaxige beruht auf dieser Erscheinung. Bei jenen liegt die optische Axe parallel der krystallographischen Hauptaxe, bei diesen liegt letztere zwischen den optischen Axen. Alle Krystallsysteme lassen sich nun hinsichtlich der Strahlenbrechung in drei Klassen bringen. Einfache Strahlenbrechung besitzen die Mineralien des Tesserals-Systems, doppelte Strahlenbrechung mit einer Axe die des Tetragonal- und Hexagonal-Systems, doppelte Strahlenbrechung mit zwei Axen die Mineralien der übrigen drei Systeme. Bei den optisch-einaxigen Mineralien wird zuweilen der außerordentliche Strahl mehr gebrochen als der ordentliche, manchmal findet das umgekehrte statt, jene werden dann Mineralien mit negativer oder repulsiver diese mit attractiver oder positiver Strahlenbrechung genannt. — Zur Beobachtung der verschiedenen Erscheinungen der Strahlenbrechung sind durchsichtige Stücke nothwendig, die zuweilen auch noch einer zweckmäßigen Zurichtung bedürfen, wenn man Resultate erlangen will. Da nun hierdurch eine directe Ermittelung sehr erschwert ist, so wendet man die Polarisation des Lichts zur Bestimmung dieser Eigenschaften an. Wenn nämlich die zwei gebrochenen Strahlen von einer auf ihrer Rückseite geschwärzten Glasplatte unter bestimmten Winkeln aufgefangen werden, so zeigen sie ganz entgegengesetztes Verhalten, und zwar in der Art, daß wenn man sie unter einem rechten Winkel auf jene fallen läßt, der gewöhnliche Strahl absorbirt, der ungewöhnliche aber reflectirt wird, gibt man hingegen der Platte eine Neigung von $35\frac{1}{2}^0$ gegen die beiden Strahlen, so wird der ungewöhnliche absorbirt und der gewöhnliche reflektirt. Dieses entgegengesetzte Verhalten der Strahlen nennt man Polarisation des Lichts, und die Strahlen selbst polarisirte Strahlen. Werden diese polarisirten Strahlen außerdem noch in gewissen Richtungen durch Mineralien von doppelter Strahlenbrechung hindurch geleitet, so bringen sie in denselben regelmäßige farbige Bilder hervor, durch welche die Zahl der optischen Axen bestimmt werden kann. Bestehen jene in einem System concentrischer farbiger Ringe, welche von einem rechtwinkelichen schwarzen Kreuz durchschnitten sind, so ist das Mineral optisch-einaxig, beobachtet man aber ein System farbiger Ringe, die von einem schwarzen geraden oder elliptisch-gebogenen Streifen durchschnitten sind, so gehört das Mineral den optisch-zweiaxigen an.

c. Glanz. Hierunter versteht man die Erscheinung, welche durch die Reflexion der auf die Flächen der Mineralien auffallenden Lichtstrahlen hervorgebracht wird, insofern dabei die Farben unberücksichtigt bleiben. Der Glanz ist der Stärke und der Art nach verschieden. Man nimmt gewöhnlich folgende Grade des Glanzes an: starkglänzend, wenn die Flächen scharfe und lebhafte Bilder der Gegenstände geben; glänzend, wenn die Bilder nebelig und matt ohne scharfe Umrisse erscheinen; wenigglänzend, wenn nur ein allgemeiner Lichtschein vorhanden ist, in welchem die Bilder nicht mehr zu unterscheiden sind; schimmernd, wenn dieser Lichtschein nur in einzelnen Punkten hervortritt; matt, wenn das Mineral ohne allen Glanz ist. Uebrigens hat die Beschaffenheit der Oberfläche des Minerals, ob dieselbe nämlich mehr oder weniger glatt ist, dann die Dichtigkeit oder Lockerheit den größten Einfluß auf

die Stärke des Glanzes. — Die Art des Glanzes bezeichnet man nach der Aehnlichkeit mit dem Glanze gewisser bekannter Körper folgendermaßen: Metallglanz; er ist stets mit völliger Undurchsichtigkeit verbunden, und für einen Theil der schweren Metalle sehr bezeichnend; Diamantglanz; Glasglanz, besonders wichtig für die Silikate; Fett- und Wachsglanz; Perlmutterglanz, besonders häufig auf sehr vollkommenen Spaltungsflächen sichtbar; Seidenglanz, besonders für feinfaserige Aggregate charakteristisch. Der Glanz eines Krystalls ist oft auf verschiedenen Flächen verschieden, so sind z. B. beim Apophyllit die Endflächen der Quadratsäule gewöhnlich perlmutterglänzend, während sich die Seitenflächen glasglänzend zeigen. Uebrigens werden an einem und demselben Krystall Art und Stärke des Glanzes auf gleichnamigen Flächen stets gleich sein.

d. Farbe. Hierunter verstehen wir denjenigen Eindruck, welchen das von den Körpern reflektirte Licht auf das Auge macht. Man unterscheidet in dieser Beziehung farblose und farbige Mineralien, jene sind in ihren reinsten Varietäten wasserhell, diese besitzen in allen Formen ihres Vorkommens eine sehr bestimmte Farbe, die ihnen wesentlich ist und ein sehr bezeichnendes Kennzeichen für sie abgibt, was besonders bei schweren metallischen Substanzen vorkommt. Farblose Mineralien haben jedoch häufig auch gefärbte Varietäten aufzuweisen, welche Farben dann gewöhnlich von auftretenden isomorphen farbigen Bestandtheilen oder zufällig eingemengten Substanzen herrühren. — Es werden ferner metallische und nichtmetallische Farben unterschieden. Erstere sind stets mit Metallglanz und Undurchsichtigkeit verbunden; es kommen vor: Silber- und Zinnweiß, Blei- und Stahlgrau, Eisenschwarz, Messing-, Speiß-, Gold- und Broncegelb, Kupferroth und Tombackbraun. — Für die nichtmetallischen Farben hat man acht Stammfarben angenommen, nämlich: weiß, grau, schwarz, blau, grün, gelb, roth und braun. Diese sind auf mannigfaltige Weise mit einander vermischt, gehen in einander über und bilden eine große Zahl verschiedener Arten von Farben. Die Benennungen für diese werden entweder aus dem Namen der Haupt- und der beigemengten Farbe gebildet, wie z. B. grünlichweiß, oder aus dem Namen der Hauptfarbe und desjenigen Körpers, an welchem dieselbe am ausgezeichnetsten erscheint, wie z. B. Zinnoberroth. Da die Farben auch noch verschiedene Intensität besitzen, so werden solche Abstufungen durch die Beiworte blaß, licht, tief, dunkel bezeichnet. Die Farbenabänderungen, welche bei einer und derselben Mineralspecies vorkommen, werden deren Farbenreihe genannt. Gefärbte Mineralien lassen zuweilen auch mehrfache Färbung und sogenannte Farbenzeichnungen wahrnehmen. Krystalle zeigen zwar in der Regel ihrer ganzen Ausdehnung nach nur eine und dieselbe Farbe, jedoch kommen auch solche vor, an welchen nicht nur Abstufungen der Hauptfarbe, sondern sogar zwei verschiedene Hauptfarben zu sehen sind, Turmalin, Flußspath. Häufiger findet man die mehrfache Färbung bei Aggregaten, wodurch bei denselben nicht selten Farbenzeichnungen hervorgerufen werden, die man mit den Ausdrücken gestreift, gefleckt, geadert, gewolkt u. s. w. bezeichnet hat. Manche Mineralien lassen eine Veränderung der Farbe wahrnehmen, wenn sie längere Zeit der Einwirkung des Lichts oder der Atmosphärilien ausgesetzt waren: und zwar betrifft diese Veränderung nur die Oberfläche, oder sie dringt auch tiefer in die Masse ein. Im ersteren Falle sagt man, das Mineral sei angelaufen, was einfarbig oder bunt sein kann, im anderen Falle findet entweder ein Verbleichen oder ein Schwärzen, eine Verdunkelung statt. — Viele Mineralien besitzen eine ganz andere Farbe in gepulvertem Zustande als in größeren Massen; um daher die Farbe des Pulvers zu untersuchen, wird das Mineral mit einem

scharfen Instrument geritzt, gestrichen, wodurch jenes zum Vorschein kommt, und die Farbe bestimmt werden kann; eine Erscheinung, welche man mit dem Namen Strich belegt hat.

e. Verschiedene Farben und Lichterscheinungen. Pleochroismus nennt Haidinger die Eigenschaft der Mineralien, bei durchfallendem Lichte verschiedene Farben zu zeigen, wenn man nach verschiedenen, aber bestimmten Richtungen durch sie hindurch sieht. Nur durchsichtige Krystalle zeigen diese Erscheinung, und wenn dieselben nicht dem Tesseral-Systeme angehören. Dichroismus, oder die Eigenschaft nur nach zwei Richtungen verschiedene Farben zu zeigen, findet sich bei den Krystallen des Tetragonal- und Hexagonal-Systems, Trichroismus, nach drei Richtungen verschiedene Farben wahrnehmen zu lassen, zeigen die Krystalle der übrigen drei Systeme. Farbenwandlung wird die Eigenschaft einiger Mineralien genannt, in bestimmten Richtungen bei auffallendem Lichte lebhafte Farben zu zeigen; werden diese Richtungen verändert, so verschwinden letztere. Diese Erscheinung ist entweder einfarbig, Hypersthen, oder buntfarbig, Labradorit. — Einige wenige Mineralien besitzen die Eigenschaft, bei auffallendem Lichte in verschieden unbestimmten Richtungen verschiedene Farben zu zeigen, welche Farbenspiel oder auch Opalisiren genannt wird, da sie beim edlen Opal am ausgezeichnetsten sich findet. — Manche Mineralien zeigen einen einfachen Lichtschein, besonders wenn sie convex geschliffen und glatt polirt sind, Adular. Bei einigen derselben mag eine zufällige Beimengung diese Erscheinung bedingen, wie beim Schillerquarz. — Das Irisiren endlich ist eine Erscheinung, welche durch feine Risse im Innern der Mineralien hervorgerufen wird, und sich in mehr oder minder regelmäßigen concentrischen Farbenringen oder Farbenstreifen, regenbogenähnlich zu erkennen gibt. Jene Risse entstehen besonders leicht bei vollkommen spaltbaren Mineralien parallel den Spaltungsflächen, oder bei solchen, welche gar nicht, oder nur sehr schwierig spaltbar sind, wenn man sie zerschlägt.

4. Phosphorescenz

der Mineralien ist die Eigenschaft derselben, einen Lichtschein ohne Flamme und Wärme zu entwicklen, wenn sie einer gewissen Behandlung unterworfen werden. Sie wird nemlich hervorgebracht a. durch mechanische Gewalt, durch Spalten, Zerbrechen, Ritzen, Reiben 2c. Dolomit, Quarz. b. Durch Erwärmung, Flußspath. c. Durch Insolation oder Bestrahlung. Mehrere Mineralien leuchten nemlich im Dunklen, wenn sie vorher eine Zeitlang dem Sonnenlichte ausgesetzt waren. Diamant, Baryt. d. Durch Electricität; wenn man nemlich durch gewisse Mineralien längere Zeit elektrische Funken schlagen läßt, so leuchten sie ebenfalls; grüner Flußspath.

5. Elektrizität.

Hierunter versteht man die Eigenschaft der Mineralien, kleine Körper anzuziehen und abzustoßen, wenn man in ihnen vorher durch Reibung, Druck oder Erwärmung die Elektrizität erregt hat. Alle Mineralien können durch eins dieser Mittel electrisch gemacht werden, jedoch ist dabei zu berücksichtigen, ob sie Leiter oder Nichtleiter der Elektrizität sind, im letzteren Fall kann es unmittelbar geschehen, im ersteren Fall aber muß das Mineral vorher isolirt, d. h. auf eine Unterlage gebracht werden, die aus einem Nichtleiter, z. B. von Glas besteht. Die Mineralien sind theils positiv, theils negativ elektrisch; manche Krystalle zeigen an einem Ende diese, am anderen jene Elektrizität und werden dann polarisch-elektrisch genannt; da sich die Pole gleicher Elektrizität abstoßen,

die ungleichen aber anziehen, so beruht hierauf die Bestimmung der Art der Elektrizität. Jedoch ist die Eigenschaft, die eine oder die andere Art der Electricität anzunehmen, bei vielen Mineralien, zuweilen selbst bei ein und demselben Krystall nicht ständig, indem es auf die Beschaffenheit der Fläche, welche man reibt, ob sie glatt oder rauh ist, ankommt. — Manche Mineralien besitzen auch die Eigenschaft, durch Erwärmen elektrisch zu werden, und heißen dann pyro- oder thermo-elektrisch; dabei werden einige selbst polarisch, jedoch mit der merkwürdigen Erscheinung, daß die Pole, mit zu- und abnehmender Temperatur, wechseln.

6. Magnetismus.

Nur wenigen Mineralien kommt die Eigenschaft zu, auf die Magnetnadel einzuwirken, aber für diese ist sie auch ein charakteristisches Kennzeichen. Manche derselben sind polarisch-magnetisch, d. h. sie ziehen die eine Spitze der Magnetnadel an, während die andere abgestoßen wird. — Für eisenhaltige Mineralien ist diese Eigenschaft wichtig, indem sie uns in den Stand setzt, die Anwesenheit von Eisen in jenen leicht darzuthun.

Anhang. Man hat auch den Geruch und den Geschmack, welche gewisse Mineralien wahrnehmen lassen, mit Vortheil als Kennzeichen angewendet. Einigen Mineralien ist ein gewisser Geruch eigenthümlich, wird aber gewöhnlich erst durch Befeuchten, Reiben, Schlagen oder Erhitzen bemerkbar, bei anderen rührt er von zufällig beigemengten Substanzen her. Einen eigenthümlichen Geschmack besitzen besonders einige Salze, so daß diese nicht selten durch denselben unterschieden werden können.

Chemische Kennzeichen. Mineralchemie.

Unter chemischen Kennzeichen der Mineralien versteht man diejenigen Eigenschaften und Erscheinungen, welche dieselben wahrnehmen lassen, wenn durch Wärme, Elektricität oder ponderabile Körper auf ihre Substanz eingewirkt wird. Durch die Untersuchung der chemischen Eigenschaften der Mineralien wird nun entweder die Ermittelung ihrer Zusammensetzung oder die Erforschung ihrer Reaktionen bezweckt. Die Kenntniß der chemischen Constitution eines Minerals läßt sich nur durch eine quantitative Analyse erlangen, welche Sache des Chemikers ist; die Beachtung der chemischen Reaktionen eines Minerals führen mehr auf dessen qualitative Zusammensetzung.

Die Chemie lehrt bis jetzt 61 einfache Stoffe, Elemente, Grundstoffe, d. h. solche Stoffe kennen, welche nicht weiter zerlegt werden können, und theilt solche, nach ihren verschiedenen Eigenschaften in nicht metallische Stoffe und Metalle ein, indem letztere wieder in leichte und schwere Metalle zerfallen. Mehrere dieser Grundstoffe finden sich rein als Mineralien in der Natur, wie Schwefel, Tellur, Arsenik, Antimon, Kohlenstoff, Wismuth, Blei, Eisen, Kupfer, Quecksilber, Silber, Gold, Platin, Palladium und Iridium, aber auch von diesen kommen einige nur äußerst selten vor. Alle anderen Mineralien sind zusammengesetzt, aus der Verbindung der Grundstoffe untereinander hervorgegangen. In dieser Hinsicht nun unterscheidet man Verbindungen erster Ordnung, oder binäre, wenn zwei Grundstoffe, Verbindungen zweiter Ordnung, oder quaternäre, wenn zwei binäre Verbindungen, und endlich Verbindungen dritter Ordnung oder oktonäre, wenn zwei quaternäre Verbindungen zu einem Körper vereinigt sind. Dieses Gesetz der Bildung anorganischer Körper wird Binaritäts-Gesetz genannt, indem jede Verbindung immer als aus zwei Gliedern der nächst vorhergehenden Ordnung bestehend angesehen wird. Von diesem

Gesetze machen nur einige Mineralien, die als fossile organische Ueberreste zu betrachten sind, eine Ausnahme, indem sie aus drei oder vier einfachen Stoffen zusammengesetzt erscheinen.

Die Verbindungen der Grundstoffe zu anorganischen Körpern sind durchaus nicht willkührlich, sondern geschehen nach bestimmten Verhältnissen. Diese lassen sich in Zahlen ausdrücken, welche Atom- oder Mischungs-Gewichte genannt werden. Die Ermittelung dieser Mischungs-Gewichte ist Gegenstand der Stöchiometrie, welche dabei auf die Weise verfährt, daß sie das Gewicht eines Grundstoffes als Einheit annimmt, und das der übrigen damit vergleicht. Von einigen Chemikern wird das Mischungs-Gewicht des Sauerstoffs, von anderen das des Wasserstoffs als Einheit angenommen. Man hat nun in jener Beziehung folgende Gesetze aufgefunden: 1) Die Grundstoffe verbinden sich in bestimmten Gewichts-Verhältnissen miteinander. 2) Dieses Mischungs-Gewicht, welches einem Grundstoff bei seiner Verbindung mit einem andern zukommt, bleibt dasselbe bei seinen Verbindungen mit allen übrigen Grundstoffen. 3) Verbindet sich ein Grundstoff in mehrfachen Verhältnissen mit einem anderen, so ist das zweite, dritte Verhältniß u. s. w. stets ein Multiplum oder Submultiplum des ersten. 4) Das Mischungs-Gewicht einer jeden Verbindung ist gleich der Summe der Mischungs-Gewichte der in ihr enthaltenen Grundstoffe. Die größte Zahl der Mineralien sind, wie schon bemerkt, Verbindungen der Elemente untereinander nach den oben angeführten Gesetzen; um nun die Art dieser Verbindung oder die Zusammensetzung jener leichter übersehen zu können, hat man kurze chemische Formeln aufgestellt. Zu dem Ende wendet man die Anfangs-Buchstaben der lateinischen Namen der Grundstoffe als stöchiometrische Zeichen an, indem diesen die relativen Zahlenwerthe der Mischungs-Gewichte der betreffenden Grundstoffe beigelegt werden. Durch das Zusammenschreiben dieser Zeichen, bildet man jene Formeln.

Für die Bestimmung der Zusammensetzung der Mineralien sind die Erscheinungen des Isomorphismus von der größten Wichtigkeit. Unter diesem versteht man nemlich die Fähigkeit zweier oder mehrerer Substanzen, deren Zusammensetzung nach gleicher chemischer Formel statt fand, auch in den Formen einer und derselben Krystallreihe zu krystallisiren. Solche Substanzen werden isomorphe, auch vicarirende genannt, und sie können sich in ein und derselben Verbindung in schwankenden Verhältnissen gegenseitig so ersetzen oder vertreten, daß die allgemeinen stöchiometrischen Verhältnisse dieselben bleiben und die Krystallisation nicht wesentlich verändert wird. Hierdurch entstehen sehr mannichfaltige Mischungen, die sich denn auch durch größere oder geringere Schwankungen in den physischen Eigenschaften gar mancher Mineralien zu erkennen geben. — Es gibt jedoch auch Fälle in der Natur, die uns zeigen, daß ein und dieselbe einfache oder zusammengesetzte Substanz in zwei verschiedenen Krystall-Systemen oder in zwei wesentlich verschiedenen Krystallreihen zu krystallisiren vermöge. Diese Erscheinung wird Dimorphismus genannt und findet sich z. B. beim kohlensauren Kalk, der rhomboedrisch als Kalkspath, rhombisch als Arragonit krystallisirt. Jedoch sehen wir, daß bei einer solchen Verschiedenheit in den morphologischen Eigenschaften, auch eine solche in den physischen eintritt, was z. B. bei dem tesseralen Diamant und dem rhomboedrischen Graphit, die beide aus Kohlenstoff bestehen, besonders bemerkbar ist.

Unter chemischer Reaktion versteht man die gegenseitige Einwirkung der Körper auf einander; unter chemischer Reaktion der Mineralien aber begreift man diejenigen Veränderungen und Erscheinungen, welche jene zeigen, wenn sie auf ihre qualitative Zusammensetzung geprüft werden. Diese Prüfung

geschieht nun entweder auf trockenem oder auf nassem Wege, durch die Untersuchung der Mineralien im Feuer, oder durch die Einwirkung gewisser Substanzen auf sie, wobei wir höchst wichtige Merkmale zur Unterscheidung und Bestimmung der Mineralien erhalten.

Die Untersuchung der Mineralien auf trockenem Wege, oder ihres Verhaltens im Feuer geschieht mittelst des Löthrohrs. Da nemlich nur sehr wenige anorganische Körper Veränderungen zeigen, wenn man sie der bloßen Lampenflamme aussetzt, so sucht man den Hitzegrad der letzteren zu verstärken, und dies geschieht indem man mit dem Löthrohre in dieselbe bläst, wodurch die Bedingungen der Verbrennung auch von Innen gegeben sind, die Brennkraft konzentrit und somit eine bedeutende Einwirkung auf eine große Zahl von Mineralien hervorgerufen wird. — Die Untersuchung der Mineralien mittelst des Löthrohrs geschieht entweder für sich, ohne Zusatz, oder mit Zuschlägen, Reagentien, sogenannten Flüssen. Im ersteren Falle hat man besonders den Grad der Schmelzbarkeit, die verschiedenen Erscheinungen während des Schmelzens und das Schmelzprodukt, ob es ein Glas, ein Email oder eine Schlacke sei u. s. w. zu beachten. Mit Reagentien untersucht man die Mineralien entweder um ihre Schmelzung zu befördern und dabei besondere Merkmale zu erhalten, oder um das Dasein gewisser Bestandtheile zu entdecken, und besonders auch um in schweren metallischen Verbindungen leichter eine Reduktion zu bewirken. Substanzen, die man als Reagentien in dieser Hinsicht anwendet, sind besonders Soda, Borax, Phosphorsalz. Auch hier sind die Schmelzprodukte genau zu beachten, und unter anderem auf deren Farbe Rücksicht zu nehmen, weil durch dieselbe auf die Gegenwart gewisser Bestandtheile geschlossen werden kann. — Die Gesammtheit der Erscheinungen und Resultate, welche sich bei der Untersuchung auf trockenem Wege ergeben, werden als das Verhalten der Mineralien vor dem Löthrohre bezeichnet. — Hinsichtlich der Grade der Schmelzbarkeit kann man die Mineralien in folgende Abtheilungen bringen: solche die schon in der Lichtflamme schmelzen; solche die erst vor dem Löthrohre schmelzen; solche die erst mit einem Zusatz vor dem Löthrohre schmelzen, und endlich solche, die auch mit einem Zusatz vor dem Löthrohre unschmelzbar sind.

Die Prüfung der Mineralien auf nassem Wege besteht in Auflösungs- und Präcipitations-Versuchen, indem man tropfbare Reagentien in Anwendung bringt, und die Einwirkung der Substanzen auf einander dadurch hervorruft. Derjenige chemische Prozeß nemlich, demzufolge sich ein flüssiger Körper mit einem festen zu einem flüssigen Produkt vereinigt, wird Auflösung genannt; jene flüssige Substanz aber, welche den festen Körper in sich aufnimmt, heißt Auflösungs-Mittel. Unter Präzipitation dagegen versteht man die Niederschlagung eines festen Körpers aus einer flüssigen Auflösung, und die Substanz, die man dazu anwendet wird Präzipitations-Mittel genannt. Solche Versuche sind es hauptsächlich und die Erscheinungen, die dabei stattfinden, die hier in Betracht kommen, in welcher Beziehung dann auch vor allen Dingen die Auflösbarkeit der Mineralien zu beachten ist. In dieser Hinsicht unterscheidet man im Allgemeinen Mineralien, die in Wasser, solche die in Säuren und solche die weder in dem einen noch in dem andern auflöslich sind.

II. Systematik.

Es kann nicht genügen, einen jeden Mineralkörper für sich allein nach den Eigenschaften kennen zu lernen, die im Allgemeinen im vorhergehenden Abschnitt angegeben wurden, sondern die Wissenschaft muß auch suchen, eine gewisse Ordnung

oder Reihenfolge aufzustellen, in welcher die anorganischen Körper angeführt und betrachtet werden sollen, um dadurch den Ueberblick über dieselben und ihre Bestimmung selbst zu erleichtern. Ehe man jedoch zu der Aufstellung eines Systems, nach welchem geordnet werden soll, schreiten kann, ist vorher zu bestimmen, was unter einer mineralogischen Species zu verstehen sei, denn eine solche ist die Grundlage jeder Klassifikation, während diese auf verschiedenen Prinzipien beruhen kann.

Diejenigen Mineralien, welche in allen ihren Eigenschaften übereinstimmen, sind identisch und müssen daher zusammengestellt werden, da aber diese Uebereinstimmung aller Eigenschaften selten gefunden wird, so kommt es bei Bestimmung der Mineral-Species auf die Würdigung des Werthes der Kennzeichen in dieser Beziehung und auf Feststellung derjenigen an, welche besonders bei Aburtheilung über Analogie oder Verschiedenheit der Mineralien zu berücksichtigen sind. Hiernach würde man dann unter einer Mineral-Species alle diejenigen Mineralien verstehen, welche mit gleicher chemischer Zusammensetzung und gleicher Krystallisation eine möglichste Uebereinstimmung aller übrigen Eigenschaften verbinden.

Was nun das Prinzip der Klassifikation betrifft, so hat man bei der Wahl desselben einen sehr verschiedenen Weg eingeschlagen. Da alle Eigenschaften der Mineralien theils physische, in sofern man unter diesen zugleich die morphologischen mitbegreift, theils chemische sind, so gründete man vorzüglich auch entweder auf jene oder auf diese die Systeme, und nannte erstere natürliche oder naturhistorische und letztere chemische. Die Mineralogen, welche natürliche Systeme aufstellten, glaubten nur die äußeren Kennzeichen, wie bei den organischen Körpern, zur Klassifikation geeignet, und es mußten daher in denselben, indem sie alle chemischen Eigenschaften unberücksichtigt ließen, öfters Mineralien nebeneinander zu stehen kommen, die nur in der einen oder der anderen physischen Eigenschaft übereinstimmen, die größte Verschiedenheit aber in ihrer Zusammensetzung zeigten. Auf der anderen Seite rief jedoch die Verfolgung des chemischen Prinzips bei der Klassifikation ähnliche Mißstände hervor, denn indem man hier nur die chemische Constitution der Mineralien zur Aufstellung beachtete, war man unbekümmert, ob Substanzen zusammengestellt würden, deren physische Charaktere sich ganz von einander abweichend zeigten oder nicht. Aus diesen Andeutungen ergibt sich von selbst, wie sehr einseitig beide Verfahrungsweisen sind, und wie sie deßhalb auch nur mangelhafte Systeme hervorbringen konnten; es ergibt sich daraus aber auch noch ferner, daß, will man den Anforderungen, die an ein System gemacht werden können, entsprechen, beide Eigenschaften zugleich möglichst berücksichtigt werden müssen. Das System soll ein gemischtes, oder im eigentlichen Sinne des Wortes ein natürliches sein, denn die chemischen Eigenschaften gehören eben sowohl zu den natürlichen, wie die physischen. Man könnte die nach oben angeführten Prinzipien aufgestellten Systeme im Gegensatz zu dem letzteren, künstliche nennen, worunter man bis jetzt nur diejenigen verstanden hat, in welchen die Mineralien nach einem oder nach wenigen Arten von Kennzeichen geordnet wurden. — Wir wollen nur einen kurzen Ueberblick der Geschichte der Systeme unserer Wissenschaft geben, um zu zeigen, welchen Wechsel dieselben erfahren, welche verschiedene Prinzipien zu Grunde gelegt wurden, und wie erst wieder in neuerer Zeit die Ansichten Anerkennung finden, welche eben angedeutet wurden.

Die erste Klassifikation der Mineralien, wurde durch das Bedürfniß, diese nach einer bestimmten Ordnung aufzustellen, hervorgerufen, und auf die Verschiedenheit des allgemeinen Aussehens derselben gegründet. Aber diese Ordnung mußte im Anfange um so mangelhafter sein, und sich mehr auf die Aufstellung

ganz großer Abtheilungen beschränken, als man die anorganischen Körper in jeder Beziehung nur sehr mangelhaft kannte. Solche Klassen, wie Erden, Steine, Metalle wurden schon sehr frühe unterschieden, allein sie waren unbestimmt und verworren. Avicenna theilte schon die Mineralien in Steine, Metalle, schwefelige Substanzen und Salze ein. Später trat G. Agricola mit einem ähnlichen Systeme auf, das lange Zeit das herrschende war, und besonders auch deßwegen Eingang fand, weil, wie wir schon früher bemerkten, derselbe die äußeren Kennzeichen der Mineralien zur Unterscheidung der letzteren mit Erfolg anwendete. Als aber die Kenntniß der Mineralien zunahm und sich mehr und mehr erweiterte, suchte man auch diese jenen entsprechender zu klassifiziren. Linné war der erste, der sein System der anorganischen Körper auf die Methode begründete, welche er bei den organischen Körpern so streng befolgt und mit so viel Glück und Ruhm durchgeführt hatte. Die Wichtigkeit der Krystallformen der Mineralien erkennend, wandte er dieselben als Prinzip der Eintheilung an, wodurch allerdings ein um so mangelhafteres System entstehen mußte, als ihm der innere Zusammenhang der Krystall-Gestalten noch nicht bekannt war und er daher nur nach der äußeren Aehnlichkeit der letzteren ordnete. Aus diesem Grund fand auch dessen System nie Eingang bei den Mineralogen, zumal da die Chemie schon früher angefangen hatte, mit raschen Schritten vorwärts zu eilen und immer mehr einen wissenschaftlichen Charakter anzunehmen, es nun auch nicht fehlen konnte, daß sie Einfluß auf eine bessere Eintheilung der Mineralien ausüben werde. Becher, Hyärne und Bromell versuchten schon ihre Mineral-Systeme auf chemischen Grundsätzen zu errichten; als der erste aber, der die Klassifikation der Mineralien auf rein chemische Prinzipien gründete, muß Cronstedt angesehen werden. Er theilte die Mineralien in 4 Klassen nemlich: 1) Erdarten mit 9 Ordnungen; 2) Salze mit 2 Ordnungen; 3) Erdharze mit 6 Geschlechtern und 4) Metalle mit 2 Ordnungen, von welchen jede wieder 7 Geschlechter zählte. Dieses System wurde mit vielem Beifall aufgenommen und war von dem größten Einfluß auf die später versuchten Klassifikationen, indem seine Hauptabtheilungen lange Zeit die Basis der letzteren blieb. Dies sehen wir besonders in dem Systeme von Werner, dessen vier Hauptklassen aus erdigen, salzigen, brennbaren und metallischen Fossilien bestanden. Allein obwohl diese Eintheilung mit der Cronstedts übereinstimmt, so waren doch die Geschlechter in den Klassen verschieden, und hauptsächlich aber die Einreihung der einzelnen Mineralien in diese durchaus mehr auf Aehnlichkeit in den äußeren Kennzeichen gegründet. Dieses System, obwohl es Werner selbst nicht bekannt gemacht hat, wurde doch in und außerhalb Deutschland durch die große Zahl seiner Zuhörer so sehr verbreitet, daß es lange Zeit die Herrschaft behauptete. Werner, der, wie wir schon früher bemerkt haben, die äußeren Kennzeichen der Mineralien zuerst näher feststellte und ihnen eine wissenschaftliche Bedeutung gab, dieselben auch mit so überraschender Geschicklichkeit anzuwenden verstand, mußte diesen natürlich einen bedeutenderen Antheil bei seiner Klassifikation einräumen, als den chemischen Kennzeichen, wie er denn auch stets einen größeren Einfluß der Chemie in dieser Hinsicht zurückwies. Jedoch gehört das Werner'sche System den gemischten an, obwohl man in demselben schon die ersten Spuren von dem Bestreben findet, die auf eine Trennung der beiden Klassifikations-Mittel, der physischen und chemischen hindeuten, und die durch seinen Nachfolger wirklich bewirkt wurde. — Während dieser Zeit trat auch Hauy mit seinem neuen Systeme auf, dessen Grundlage zwar chemisch war, die Aneinanderreihung der Mineralien in dem-

selben aber mehr auf deren krystallographischem Charakter beruhte. So groß nun auch der Einfluß Hauy's auf die wissenschaftliche Gestaltung der Mineralogie, namentlich in krystallographischer Beziehung war, so fand doch sein System nicht den Eingang, welchen man hätte erwarten sollen. Dies scheint zum Theil dem vorwaltenden Einfluß des Werner'schen Systemes zugeschrieben werden zu müssen, zum Theil aber auch dem nun entstandenen Kampfe zwischen den Verfechtern der chemischen und naturhistorischen Systeme. Als die Hauptstütze der ersteren muß J. Berzelius angesehen werden. Dieser ging von dem Satze aus, daß die Mineralogie nur einen Theil der Chemie ausmache, da nur die Zusammensetzung bestimme, was ein Mineral und welches es sei; es könne also auch das Prinzip ihrer wissenschaftlichen Eintheilung kein anderes als ein chemisches sein, und es müsse daher der Mineralogie als Wissenschaft jedes andere Prinzip fremd bleiben. Das rein chemische System, welches er nun aufstellte, wurde auf die elektro-chemische Theorie gestützt, indem derselbe die Mineralien nach ihren elektro-positiven Elementen ordnete. Als aber später, nach der Entdeckung des Isomorphismus, dieses System sich nicht mehr halten konnte, da Körper von sehr verschiedenen electro-positiven Elementen doch nicht unterschieden werden konnten, so stellte derselbe ein zweites auf, in welchem er die Mineralien nach ihren electro-negativen Elementen aneinander reihte. Allein auch dieses scheint Berzelius wieder aufgegeben zu haben, indem er neuerdings Bemerkungen mittheilte, welche bei der Entwerfung eines allgemein annehmbaren Mineralsystems in Betracht zu ziehen seien, während er zugleich die Aufmerksamkeit der Mineralogen darauf lenken wolle, wie nothwendig es sei, daß sie sich über gleiche Grundsätze für die Aufstellung eines Systems der Wissenschaft einigten. Die erste Forderung, welche er in dieser Beziehung macht, ist, „daß nichts anderes als die Zusammensetzung an der Grundlage für die Anordnung theilnehmen darf." Dann will derselbe die Existenz einer mineralogischen Species nicht gelten lassen; da die Mineralogie nichts anderes zu ordnen habe, als einfache Grundstoffe und ihre anorganischen Verbindungen, so würde ihre Identität und Nichtidentität auch nur durch die Bestandtheile und die ungleichen chemischen Proportionen, nach denen sie vereinigt seien, bestimmt; eine Abweichung in der Natur der Bestandtheile, wie in ihren bestimmten Verbindungs-Verhältnissen hebe die Identität auf. Allein wie soll es bei Mineralien von gleicher Zusammensetzung gehalten werden, die in verschiedenen Krystallsystemen oder Krystallreihen krystallisiren? Chemisch ist die Identität nicht zu läugnen, kann sie aber der Mineraloge zugeben? Gewiß nicht; daraus folgt wohl, daß es doch etwas geben muß, was einer mineralogischen Species ähnlich sieht. Auch müssen wir, um irgend eine chemische Wahrheit von einem Körper aussagen zu können, diesen erst an einigen seiner nichtchemischen Eigenschaften erkannt haben. — Gestützt auf das Prinzip, welches Berzelius noch weiter entwickelte, und nach welchem derselbe die Ordnung für die vortheilhafteste erklärte, in der mit dem elektro-positivesten Elemente angefangen und dem elektro-negativesten geendet würde, versuchte Rammelsberg ein System aufzustellen. Da nun nach den ausgesprochenen Grundsätzen der Isomorphismus nur sehr beschränkt angenommen wird, so ist es klar, daß in demselben viele Mineralien, die der Mineralog als eine Species betrachtet, hier zersplittert an sehr verschiedenen Stellen aufgeführt werden, und kann daher dieses System auch nicht als ein System der Mineralogie, sondern als eines der chemischen Mineralogie angesehen werden.

Den entgegengesetzten Weg schlug Mohs, der Nachfolger Werner's, bei Aufstellung seines Systems ein. Er verwarf alle auf Chemie sich beziehende

Eintheilung, indem sein Zweck die Aufstellung eines naturhistorischen Systems war, in welchem die Klassifikation, wie bei den organischen Körpern, nur auf äußere Kennzeichen sich gründete. Die Ober-Abtheilungen werden durch die Verschiedenheit der Mineralien in der Härte, dem Geruch und dem Geschmack charakterisirt, während die Unter-Abtheilungen besonders auf den Abweichungen in der Gestalt, dem Glanze u. s. w. beruhen; dabei gab er den Mineralien eine seinem Systeme entsprechende Benennung.

Allein diese beiden Richtungen, welche man eingeschlagen hatte, um ein rein wissenschaftliches System der Mineralogie aufzustellen, also entweder auf chemische oder auf physikalische Prinzipien gegründet, konnten den Forderungen der Wissenschaft nicht entsprechen, da sie einseitig die chemische oder physische Seite der Mineralien zu ihrem Bau anwendeten, ohne Rücksicht darauf, ob Aehnliches zusammengestellt und Ungleiches getrennt werde. Obwohl nun beide Arten von Systemen ihre Anhänger aufzuweisen haben, so ist es doch eine natürliche Folge der einseitigen Richtung derselben, daß die meisten Mineralogen den gemischten Systemen, in welchen den chemischen wie den physischen Eigenschaften gleichsam ihr Recht wiederfährt, den Vorzug gaben und dieselben bei ihrer Eintheilung befolgten. Freilich entstanden auf diese Weise sehr viele und verschiedene Systeme, da fast jeder Mineralog seiner eigenen Eintheilung folgte, ein Mißstand, der allerdings groß ist, der aber in der Natur der Sache liegt, indem er zeigt, daß unsere Wissenschaft noch nicht den Standpunkt erreichte, der die Aufstellung eines Systemes, welches allen Anforderungen entspräche, gestattete. Jedenfalls werden wir nur durch die Verfolgung dieser Richtung zu dem gewünschten Resultate gelangen können, wie wir denn auch schon einige recht gelungene gemischte oder eigentlich natürliche Systeme besitzen, unter welchen wir vor allen das erwähnen wollen, das J. C. Naumann schon im Jahre 1828 aufstellte, aber in seinem neuen Werke: „Elemente der Mineralogie," bedeutend verbesserte. Er stellt schon in einer früheren Abhandlung zuerst den Begriff der Aehnlichkeit als den „eigentlichen Leitstern der klassifikatorischen Operation" auf, indem er weiter bemerkt: „Aehnlichkeit zweier Dinge aber ist die in gewissen Merkmalen hervortretende größere oder geringere Uebereinstimmung derselben; sie kann weder in allen Merkmalen, noch in einer vollständigen Uebereinstimmung derselben begründet sein, weil sie sonst mit dem Begriff der Identität zusammenfallen würde. Vielmehr muß sie ihrem Wesen nach als etwas Schwankendes und verschiedener Abstufungen Fähiges gedacht werden; sie kann sich bald in diesem und bald in jenem Merkmale, bald in höherem, bald in niederem Grade zu erkennen geben. Hieraus ergibt sich von selbst, daß wir eine jede auf den Begriff der Aehnlichkeit zu gründende Klassifikation mit der Untersuchung beginnen müssen, in welchen Merkmalen, der Natur der Sache nach, die Aehnlichkeit vorzugsweise aufgesucht und berücksichtigt werden müsse; oder mit anderen Worten und mit besonderer Rücksicht auf die uns hier vorliegende Aufgabe: welcher Werth den verschiedenen Eigenschaften der Mineralien für das Bedürfniß der Systematik zugestanden werden könne." Nachdem derselbe nun die verschiedenen Kennzeichen der Mineralien in dieser Beziehung näher würdigt, und besonders auch die wichtige Rolle hervorhebt, welche die chemischen Eigenschaften, hauptsächlich ihre Zusammensetzung, in jener Hinsicht spielen, gelangte er zu folgendem Resultat: daß die Aehnlichkeit der anorganischen Masse, ohne Berücksichtigung der Form es sei, welche bei der mineralogischen Klassifikation vorzugsweise in das Auge gefaßt werden müsse. Das System, welches Naumann nach diesen Prinzipien aufstellte, ist folgendes:

I. Klasse. Hydrogenoxyd.
II. Klasse. Hydrolithe.
1. Ordnung. Säuren.
A. Nicht-metallische Säuren.
B. Metallische Säuren.
2. Ord. Salze.
A. Nicht-metallische Salze.
a. Wasserhaltige.
b. Wasserfreie.
B. Metallische Salze.
a. Wasserfreie.
b. Wasserhaltige.
III. Klasse. Chalcite.
1. Ord. Wasserhaltige Chalcide.
A. Amorphe Substanzen.
B. Krystallinische Substanzen.
2. Ord. Wasserfreie Chalcite.
IV. Klasse. Haloide.
1. Ord. Wasserfreie Haloide.
2. Ord. Wasserhaltige Haloide.
V. Klasse. Erden.
1. Ord. Amorphe Erden.
2. Ord. Krystallinische Erden.
VI. Klasse. Geolithe.
1. Ord. Wasserhaltige Geolithe.
A. Krystallinische Hydrogeolithe.
B. Amorphe Hydrogeolithe.
2. Ord. Wasserfreie Geolithe.
VII. Klasse. Amphoterolithe.
1. Ord. Wasserfreie Amphoterolithe.
2. Ord. Wasserhaltige "
A. Krystallinische Substanzen.
B. Amorphe Substanzen.
VIII. Klasse. Chalkolithe.
1. Ord. Wasserhaltige Chalkolithe.
A. Amorphe Hydrochalkolithe.
B. Krystallinische Hydrochalkolithe.
2. Ord. Wasserfreie Chalkolithe.
IX. Klasse. Metalloxyde.
1. Ord. Wasserhaltige Metalloxyde.
2. Ord. Wasserfreie Metalloxyde.
X. Klasse. Metalle.
XI. Klasse. Galanoide (Glanze).
A. Tellurische Glanze.
B. Selenische Glanze.
C. Sulphurische Glanze.
XII. Klasse. Pyritoide (Kiese).
XIII. Klasse. Cinnabarite (Blenden).
XIV. Klasse. Thiolithe.
XV. Klasse. Anthrazide.

Literatur. J. J. Berzelius neues chemisches Mineralsystem, nebst einer Zusammen- seiner älteren hierauf bezüglichen Arbeiten. Herausgegeben von C. F. Rammelsberg, Nürnberg 1847. — Versuch einer speziellen Ausführung des chemischen Mineralsystems, nach Berzelius's Prinzip, von C. F. Rammelsberg; in dem vorhergehenden Werke enthalten. — C. F. Naumann, Versuch einer reihenförmigen Zusammenstellung der Mineralspecies im neuen Jahrbuch für Mineralogie 2c. von Leonhard und Bronn, 1844. pg. 641 u. ff.

Ein jedes Mineral muß seinen Namen haben, um sich über dasselbe verständigen zu können. Die mineralogische Nomenklatur ist entweder eine systematische, oder eine populäre; jene hängt vom Systeme ab und muß diesem entsprechen, diese ist an kein System gebunden. Da wir jedoch noch kein allgemein angenommenes System besitzen, wie früher schon bemerkt wurde, so dürfte die Aufstellung einer streng durchgeführten systematischen Nomenklatur nicht einmal wünschenswerth sein, weil, so lange jenes nicht der Fall ist, dadurch nur die Zahl der Synonymen, die ohnehin bei manchen Mineralien schon bedeutend ist, noch vermehrt würde. Dasselbe gilt auch von der lateinischen Nomenklatur, wie sie Breithaupt, Dana u. A. eingeführt haben. Daher ist es vor der Hand rathsamer, sich an die vorhandenen Namen zu halten, und aus diesen die zweckmäßigsten zu wählen, da die Benennung der Mineralien allerdings nicht ganz gleichgültig ist, was man besonders auch bei dem Geben neuer Namen berücksichtigen sollte. In dieser Beziehung wollen wir daher nur noch bemerken, daß stets diejenigen Benennungen den Vorzug verdienen, welche kurz, wohlklingend und sprachrichtig sind, und sich wo möglich auf irgend eine hervorstechende Eigenschaft des Minerals beziehen. Namen nach dem Orte oder der Gegend, wo das Mineral zuerst gefunden

wurde, gebildet, sind zu verwerfen, weil es immer etwas Störendes hat, wenn z. B. von einem Andalusit oder Uralit aus Tyrol die Rede ist. Dagegen sind Benennungen nach Männern, welche sich um die Wissenschaft verdient gemacht haben, nicht ganz unzweckmäßig; aber Namen nach Männern, von denen die Wissenschaft durchaus nichts weiß, und deren wir leider schon genug besitzen, sollten nicht geduldet werden.

Zweiter Abschnitt.

Physiographie.

Der Physiographie, oder dem angewandten Theil der speziellen Mineralogie, fällt die Beschreibung der einzelnen Mineralspezies anheim, und zwar in der Sprache, welche die Terminologie aufgestellt, und in der Reihenfolge, welche das System bestimmt hat. Die Beschreibung der Spezies selbst besteht in einer vollständigen, deutlichen und methodischen Aufzählung der einzelnen Merkmale, nach derselben Ordnung, die in der Terminologie befolgt wurde. — Da es nicht in dem Plane dieses Werkes liegt, die 5—600 Spezies, welche man bis jetzt kennt, hier speziell aufzuführen, indem nur eine Ueberschrift von dem Stande der Wissenschaft gegeben werden soll, so verweisen wir, was die Betrachtung der einzelnen Mineralien selbst betrifft, auf nachfolgende Literatur.

W. Phillips, elementary introduction to the Knowledge of Mineralogy. 3. edit. London 1824. — v. Leonhard, Handbuch der Oryktognosie. 2. Auflage. Heidelberg 1826. — C. F. Naumann, Lehrbuch der Mineralogie. Berlin 1828. — R. Jameson, System of Mineralogy. 3 Vol. 4. edit. Edinburgh 1828. — W. Haidinger, Anfangsgründe der Mineralogie ꝛc. Leipzig 1829. — R. Allan, Manual of Mineralogy etc. Edinburgh 1834. — Thomson, Outlines of Mineralogy etc. London 1836. — Breithaupt, vollständiges Handbuch der Mineralogie. 1 Bd. Dresden und Leipzig 1836. II. 1. Abthl. 1841. — E. F. Germar, Lehrbuch der gesammten Mineralogie. 2. Aufl. Halle 1837. — F. v. Kobell, Grundriß der Mineralogie. Nürnberg 1838. — E. F. Glocker, Grundriß der Mineralogie ꝛc. Nürnberg 1839, — J. N. Fuchs, Naturgeschichte des Mineralreichs. Kempten 1842. — C. Hartmann, Handbuch der Mineralogie. 2 Bde. Weimar 1843. — Dufrénoy, Traité de Minéralogie. Paris 1844. — Dana, System of Mineralogy. 2. edit. Newhaven 1846. — J. F. L. Hausmann, Handbuch der Mineralogie. II. Thl. 1845. — J. R. Blum, Lehrbuch der Oryktognosie. 2. Aufl. Stuttgart 1845. — W. Haidinger, Handbuch der bestimmenden Mineralogie. Wien 1845.

Zweiter Theil.

Geognosie und Geologie.

Einleitung.

Es wurde schon früher angegeben, welche Aufgabe die Geognosie zu lösen habe, und in welcher engen Verbindung sie mit der Geologie stehe; denn bei der Betrachtung der gegenwärtigen Beschaffenheit unserer Erdrinde, welche jener anheim fällt, wird man nicht allein zu der Frage geführt, wie diese, sondern wie überhaupt die Erde entstanden, und welchen Veränderungen dieselbe unterworfen gewesen sei, Fragen, deren Beantwortung diese zu unternehmen versucht. Beide Lehren können jedoch nicht getrennt abgehandelt werden, da eine gleichsam in die andere übergreift, denn so wie letztere ihre Ansichten auf die Erfahrungen der ersteren stützen muß, so würde diese bei bloßer Betrachtung des Vorhandenen ohne Versuche, dessen Entstehen zu erklären, stets mangelhaft bleiben. Demungeachtet müssen wir einen bestimmten Weg einschlagen, um durch die Untersuchung unserer Erde und der darauf stattfindenden Vorgänge zu Resultaten zu gelangen, die uns Schlüsse zu ziehen erlauben auf Ereignisse längst vergangener vorhistorischer Zeiten. Wir werden demnach zuerst in einem besonderen Abschnitt die feste Rinde unserer Erde ins Auge fassen, um die Beschaffenheit derselben in jeder Beziehung kennen zu lernen; dann in einem zweiten Abschnitte die Ursachen und Kräfte aufsuchen, durch welche heutiges Tages noch Veränderungen auf unserer Erdoberfläche hervorgerufen werden, und endlich in einem dritten Abschnitte diejenigen Ansichten mitzutheilen, welche, gestützt auf die vorhergehenden Betrachtungen, über die Entstehung unserer Erde und die Veränderungen, welche deren Oberfläche erlitten hat, angenommen werden. Wir wollen diese drei Abschnitte mit den Benennungen *spezielle Geognosie*, *physikalische Geognosie* und *Geologie* bezeichnen.

Aus dieser Eintheilung geht schon hervor, welche Kenntnisse das Studium der Geognosie und Geologie voraussetzt, durch welche Wissenschaften dasselbe unterstützt und gefördert wird. Als Grundlage der Geognosie müssen wir die spezielle Mineralogie ansehen, worauf schon früher hingewiesen wurde. Die mineralogische Bestimmung der Gebirgsarten beruht auf der Kenntniß jener Wissenschaft, und wenn auch im Ganzen nur wenige Mineralien als solche vorkommen, oder in deren Zusammensetzung wesentlich eingreifen, so können wir doch nicht die Ansicht derjenigen theilen, die der Meinung sind, es genüge eben gerade nur die Bekanntschaft mit diesen wenigen anorganischen Substanzen, um

das Studium der Geognosie treiben zu können. Welche Nachtheile aber durch diese Einseitigkeit hervorgerufen werden, ergibt sich erst, wenn tiefer liegende Fragen, wie z. B. über die Entstehung der Gebirgsarten und ihrer Einschlüsse, zur Sprache kommen. Ferner unterstützen Physik und Chemie unsere Wissenschaft in gar mancher Beziehung; nothwendig sind auch Kenntnisse in der Petrefaktenkunde, in der Lehre von den fossilen organischen Körpern, die sich wieder auf Zoologie und Botanik gründet. So sehen wir eine Naturwissenschaft in die andere übergreifen, eine die andere unterstützen, alle ein schönes zusammenhängendes Ganzes bilden. — Was aber das Studium der Geognosie und Geologie besonders fördert, ja was zu demselben durchaus nothwendig ist, das sind Beobachtungen und Untersuchungen, die man in der Natur selbst anzustellen hat. Nur hierdurch ist es möglich, ein richtiges Bild von gar manchen Verhältnissen, Gewißheit über diese oder jene Ansicht zu erhalten.

Erster Abschnitt.

Spezielle Geognosie.

I. Lithologie. Gebirgsartenkunde.

Ehe wir den Bau unserer festen Erdrinde betrachten, ist es nöthig, daß wir die Massen, welche jenen Bau bilden, kennen lernen. Die Kenntniß derselben ist Gegenstand der Lithologie oder Gebirgsartenkunde. Diejenigen Theile unserer festen Erdrinde aber, deren räumliche Ausdehnung so beträchtlich ist, daß sich in ihr allgemeine Gesetze der Verbreitung nachweisen lassen, werden **Gebirgsarten** oder **Felsarten**, auch **Gesteine** genannt.

Daß wir in der That nur von der festen Erdrinde reden können, ergibt sich hinlänglich aus einer Vergleichung der Höhe, bis zu welcher die Gebirge ansteigen und der Tiefe, bis zu welcher die Menschen in das Innere der Erde eingedrungen sind, mit dem Halbmesser unseres Planeten. Die Größe des letzteren beträgt 860 Meilen, im Himalaya-Gebirge erhebt sich der Dhawalagiri 26,340 Fuß, etwas über eine Meile zum höchsten bekannten Punkte auf der Erde; allein die Grenze ewigen Schnees, welche etwa mit 16,000' beginnt, macht das Uebrige der Untersuchung unzugänglich. Die tiefsten Gruben aber dringen kaum 3000' in die Erde ein, dabei erreichen wenige das Meeresniveau oder reichen selbst unter dasselbe hinab, wie z. B. die Grube Alte Hoffnung Gottes bei Freiberg in Sachsen, die bei einer Tiefe von 1312' die Oberfläche des Meeres mit etwa 260' unterteuft; die Grube Samson bei Andreasberg im Harz ist 2063' tief, von denen 200' unter den Meeresspiegel eindringen. Zu dem allem kommt noch, daß auch die Oberfläche der Erde nur sehr mangelhaft, ja der größte Theil noch gar nicht gekannt ist.

Ehe aber die Stellung der Gebirgsarten und ihre gegenseitigen Beziehungen zu einander genauer betrachtet werden können, ist es nothwendig, ihre mineralogischen Charaktere festzustellen, da ihre Unterscheidung und Bestimmung auch in jener Hinsicht großentheils darauf beruht. Die Verschiedenheit der Gebirgsarten, aus rein mineralogischem Gesichtspunkte betrachtet, ist entweder in ihren Bestandtheilen oder in der Art und Weise der Zusammenfügung der letzteren, der Textur und Struktur, begründet. Die Abweichungen, welche man bei ein und derselben Gebirgsart findet, sind daher auch besonders durch die Verschiedenheiten in der Farbe, in der Größe und in der Form der Bestandtheile, oder auch durch die verschiedenen Mengeverhältnisse der letzteren bedingt. Der mine-

ralogische Charakter der Gesteine hängt nicht von den verschiedenen Zonen, wo sie sich finden, ab, wie dies bei den Formen der Thiere und Pflanzen der Fall ist, die in dieser Beziehung oft die größten Abweichungen wahrnehmen lassen, sondern es zeigt sich bei jenen mehr eine durchgreifende Gleichförmigkeit, die sich nicht selten in einer überraschenden Aehnlichkeit bei ein und derselben Gebirgsart aus ganz verschiedenen Gegenden ausspricht. Aber die Natur hat auch zur Bildung unserer Erdrinde nur sehr wenige Mineralien angewendet, ja es stellt sich dieses Verhältniß noch einfacher dar, wenn wir auf die Grundbestandtheile von jenen zurückgehen; wir finden dann nur eine ganz kleine Zahl von Substanzen, die durch ihr verschiedenes Zusammentreten in verschiedenen Mengeverhältnissen jene gebildet haben. Diese für die chemische Constitution der Gebirgsarten so äußerst wichtigen Hauptbestandtheile sind besonders: Kieselerde, Thonerde, Talkerde, Kalkerde, Kali und Natron; Eisenoxydoxydul und Eisenoxyd, Kohlensäure und Schwefelsäure. Die einfachen Mineralien aber, welche die Gebirgsarten bilden, sind vorzüglich: Quarz, Feldspath (Orthoklas), Albit, Labrador, Oligoklas, ein- und zweiaxiger Glimmer, Talk, Chlorit, Hornblende, Strahlstein, Augit, Diallag, Hypersthen, Nephelin, Leuzit, Sodalit, Granat, Turmalin, Epidot, Zirkon, Topas, Magneteisen, Eisenglimmer, Kohlensaurer Kalk, schwefelsaurer Kalk, Gyps und Steinsalz. Allein selbst von diesen treten einige nur selten auf, wie z. B. Zirkon, Topas u. s. w.

Hinsichtlich ihres Bestandes sind nun die Gebirgsarten entweder *einfach*, *gleichartig*, oder *zusammengesetzt*, *ungleichartig*, je nachdem sie ihrer ganzen Masse nach nur aus einem Minerale oder aus zwei und mehr Mineralien bestehen. Letztere, die ungleichartigen Gesteine, zeigen jedoch wesentliche Verschiedenheiten sowohl hinsichtlich der Substanzen, aus denen sie bestehen, als auch in der Art und Weise, wie ihre Gemengtheile zusammengehalten werden. Sie bestehen nemlich entweder aus einfachen Mineralien, welche sich unmittelbar gegenseitig festhalten, sind *krystallinisch* verbunden; oder sie erscheinen aus mehr oder weniger scharfkantigen oder zugerundeten Bruchstücken von Mineralien oder Gesteinen zusammengesetzt, welche durch ein Bindemittel, Cäment, *mechanisch* zusammengehalten werden. Bei den krystallinischen ungleichartigen Gebirgsarten unterscheidet man ferner *wesentliche* und *stellvertretende* Gemengtheile, solche, die zur Zusammensetzung einer bestimmten Gebirgsart nothwendig gehören, wesentlich sind, und solche, die in einer Felsart, die Stelle eines wesentlichen Bestandtheils vertreten, statt dessen vorkommen. Außerdem finden wir in gleichartigen, wie in ungleichartigen Gesteinen Einmengungen von anderen Mineral-Substanzen, theils in Krystallen, theils in Körnern, Blättchen oder eingesprengten Theilchen, die in keiner Beziehung zu ihrer Zusammensetzung stehen; diese werden wieder in *bezeichnende* oder *charakteristische* und in *zufällige Gemengtheile* unterschieden; erstere kommen vorzugsweise in gewissen Gebirgsarten vor, sind gleichsam an diese gebunden, und daher für dieselben charakteristisch, wie z. B. Olivin für Basalt, so daß man zuweilen ein Gestein schneller an diesen als an seinen wesentlichen Bestandtheilen zu erkennen vermag. Die zufälligen Gemengtheile finden sich mehr vereinzelt. Uebrigens muß bemerkt werden, daß dieses Verhältniß von eingemengten Mineralien zu den Gebirgsarten im Allgemeinen immer nur von einem Minerale zu einer bestimmten Gebirgsart gilt; es ist dasselbe jedoch wichtig genug, um genauer verfolgt zu werden, denn das häufigere Vorkommen dieser oder jener Mineral-Substanz in gewissen Gesteinen hängt unstreitig mit der chemischen Natur derselben zusammen.

Als eigenthümliche Einmengungen finden wir auch noch in einer gewissen

Klasse von Gebirgsarten zahlreiche Ueberreste vegetabilischen oder animalischen Ursprungs, Versteinerungen, die jedoch später genauer betrachtet werden sollen, wenn zugleich auf deren Wichtigkeit für die Bestimmung der Altersfolge jener Felsarten aufmerksam gemacht wird.

Außer der Verschiedenheit in dem Bestande, zeigen die Gebirgsarten auch noch abweichende Verhältnisse in der Art und Weise ihrer Zusammensetzung, in ihrer Struktur, die zur Unterscheidung derselben von einander und zu ihrer Bestimmung angewendet werden können. Die Struktur der Gesteine kann nemlich sein:

1) körnig, wenn die zu einem Aggregat zusammengehäuften Individuen ziemlich gleiche Ausdehnung nach den drei Dimensionen besitzen. Nach der Größe der Letzteren unterscheidet man grob- bis feinkörnig. Die einzelnen Theilchen zeigen sich bei gleichartigen und ungleichartigen krystallinischen Gebirgsarten meistens scharfkantig und eckig. Bei den ungleichartigen mechanisch gebildeten Gebirgsarten kommt das Körnige zwar ebenfalls vor, jedoch sind die Körner meist zugerundet.

2) schieferig, wenn sich die Gemengtheile einer Gebirgsart in einer Ebene angelagert haben, so daß zwei Dimensionen gegen die dritte vorherrschen, und dann jene in der Richtung der Ausdehnungsebene, weil hier der Zusammenhalt nicht so stark ist, leichter gespalten werden können. Diese Art der Struktur findet sich bei gleichartigen und ungleichartigen Gesteinen, bei letzteren wechseln Lagen von verschiedenen Mineralien miteinander, oder man sieht zwei Substanzen in einem feinkörnigen Gemenge mit einer dritten in Lagen wechseln. Flaserig ist eine schieferige Gebirgsart, welche unebene, wellige oder wulstige Spaltungsflächen zeigt.

3) dicht, wenn die einzelnen Theilchen so klein erscheinen, daß man sie nicht mehr zu erkennen vermag. Diese Struktur kommt nur den gleichartigen Gesteinen zu; jedoch verlaufen bei manchen ungleichartigen Gesteinen die Gemengtheile so ineinander, daß sie gleichsam dicht erscheinen; allein durch eine mechanische Analyse läßt sich die Ungleichheit derselben darthun, auch verräth sich dieselbe nicht selten bei dem Verwitterungs-Prozesse. — Eine eigenthümliche Struktur lassen einige dichte Gebirgsarten wahrnehmen, indem sie nemlich aus lauter kleinen Kügelchen von Hirsekorn-, seltener bis Erbsen-Größe bestehen, welche nicht selten aus feinen conzentrischen Schalen zusammengesetzt sind; man nennt sie Oolith- oder Rogenstein-Struktur.

4) Porphyr-Struktur, wenn in einer dichten oder auch mehr oder minder feinkörnigen Grundmasse einzelne Krystalle, krystallinische Theilchen, Blättchen oder Körner von einem oder von mehreren Mineralien liegen, die von jener verschieden sind. Diese Einmengungen müssen durch die ganze Masse vorhanden sein, sie bedingen diese Struktur; sie berühren sich aber gewöhnlich nicht. Mit der Porphyr-Struktur ist die porphyrartige nicht zu verwechseln, letztere findet sich bei ungleichartigen, wie bei einigen gleichartigen Gesteinen; bei jenen wird sie durch die Einmengung besonders deutlich ausgebildeter Krystalle eines wesentlichen Gemengtheils, bei diesen durch eine gleichmäßige Einmengung eines charakteristischen oder zufälligen Gemengtheils bedingt.

5) Mandelstein-Struktur, wenn in einer Hauptmasse rundliche, plattgedrückte oder langgezogene Höhlungen, Blasenräume, enthalten sind, die entweder leer oder mit verschiedenen Mineralien ganz oder zum Theil erfüllt erscheinen, und dann sogenannte Mandeln bilden. Die Blasenräume zeigen sich zuweilen in einer bestimmten Richtung in die Länge gezogen und die Wandungen derjenigen, welche leer sind, haben nicht selten einen schmelzartigen Ueberzug;

manchmal sitzen auch hie und da einzelne Krystalle oder krystallinische Aggregate irgend einer Mineral-Substanz auf denselben. Die Ausfüllungsmasse der Blasenräume ist stets scharf geschieden von der Gebirgsart, und besteht entweder aus einem oder aus mehreren Mineralien. Hat letzteres statt, so wechseln dieselben zuweilen in auffallend regelmäßigen Lagen miteinander, was besonders bei verschiedenen Abänderungen des Quarzes vorkommt. Ist das Innere dieser Ausfüllungsmassen hohl, so trifft man hier oft die Wandungen derselben mit den schönsten Krystallen verschiedener Mineralien bekleidet; diese Bildungen werden Geoden genannt. — Porös heißt das Gestein, welches von einer Menge kleiner leeren, unregelmäßig gebildeten Räume nach allen Richtungen hin durchzogen wird. Zeigt sich jenes zugleich schaumartig, aufgebläht, verschiedenartig gewunden und gebogen, der Schlacke eines Hochofens ähnlich, so wird es verschlackt genannt.

6) Struktur der Trümmer-Gesteine, wenn Körner eines Minerals, oder Bruchstücke verschiedener Gebirgsarten durch ein fremdartiges Bindemittel zusammengehalten werden. Solche Trümmergesteine werden sich nun sehr verschieden zeigen, je nachdem die Trümmer- oder das Cäment vorherrschen, oder nach der Verschiedenheit beider. Man unterscheidet gewöhnlich Sandsteine, abgerundete oder manchmal auch eckige Körnchen von Quarz werden durch ein kieselartiges, thoniges, kalkiges 2c. Bindemittel verbunden, Conglomerate, zugerundete Bruchstücke verschiedener Gebirgsarten, werden durch ein, meistentheils sandsteinartiges oder kalkiges, Cäment zusammengehalten; sind die Bruchstücke scharfkantig, so nennt man das Gestein auch Brekzie; Tuffe, in einem vorwaltenden thonigen Cäment liegen einzelne Bruchstücke von Gebirgsarten, auch von Mineralien oder selbst Krystalle von diesen verbreitet.

Zuweilen sind auch Gesteins-Trümmer übereinander gehäuft, ohne fest verbunden zu sein; diese werden dann lose genannt.

Bei der mineralogischen Bestimmung der Gebirgsarten müssen stets einige Verhältnisse der letzteren im Auge behalten werden, will man zu günstigen Resultaten gelangen. Auf diese wollen wir noch aufmerksam machen. Da die Gesteine nemlich nicht als Individuen angesehen werden können, so sind auch ihre Kennzeichen weit schwankender, wie die der einfachen Mineralien; ihre Arten sind nicht bestimmt abgeschlossen, weil es keine Spezies, wie bei den letzteren gibt, und wir sehen daher nicht selten, daß sich eine Gebirgsart in die andere verläuft; es kommen Uebergänge von einer Gebirgsart in die andere vor. Diese Uebergänge beruhen entweder auf einer Veränderung in den wesentlichen Bestandtheilen, oder auf einem Wechsel in der Struktur der Gesteine. Es werden hierdurch oft eine Menge von Mittelgliedern zwischen zweien Gebirgsarten hervorgerufen, die sich bald der einen, bald der anderen mehr nähern, je nachdem der Charakter von dieser oder jener mehr hervortritt, wodurch die Bestimmung derselben häufig sehr erschwert wird. Jedoch ist es nothwendig, diese Uebergänge der Felsarten in einander genau zu verfolgen, da wir hierdurch in den Stand gesetzt werden die Beziehungen, in welchen gewisse Gesteine zu einander stehen, gehörig zu würdigen.

Die Felsarten erleiden noch auf andere Weise Veränderungen, wodurch ihre mineralogischen Charaktere modifizirt werden, und die ebenfalls in jeder Beziehung Beachtung verdienen. Hierher gehören vor allen Dingen diejenigen Veränderungen, welche der Einfluß der Atmosphärilien in ihnen hervorruft. Chemische und mechanische Einwirkung von Luft und Wasser, sowie Wechsel atmosphärischer Temperatur bewirken eine allmälige Zerstörung der Mineralien,

aus welchen die Gesteine gebildet sind; ihr Aggregat-Zustand ändert sich, sie erhalten eine lockere Form, verwittern, und es entstehen aus ihnen lose Massen, theils Gerölle, Geschiebe u. s. w., theils Erdarten. Die Veränderungen, welche die Gesteine durch Verwitterung und Zersetzung erleiden, sind entweder chemisch, wenn die Bestandtheile der Mineralien sich ändern, indem einzelne derselben ausgeschieden werden, manchmal andere hinzutreten, theils mechanisch, wenn der Zusammenhang aufgehoben wird und einzelne Theilchen nach und nach fortgeführt werden; dabei verändert sich die Farbe, das Gefüge 2c. So erleidet z. B. der Feldspath, welcher in der Zusammensetzung mehrerer Gesteine vorkommt, zuerst eine chemische Veränderung, indem er zu einer erdigen thonigen Substanz, Kaolin, umgewandelt wird, diese führt nun das Wasser leicht fort, wodurch das Zerfallen der ganzen Gebirgsart erfolgt. Es kommt jedoch auf die Natur der Felsarten sehr viel an, ob sie schneller oder langsamer verwittern. Einfache Gesteine zersetzen sich in der Regel weniger schnell, als zusammengesetzte, denn die Ungleichheit mit welcher die Bestandtheile der letzteren den äußeren Einwirkungen widerstehen, wird die Verwitterung der Gebirgsart befördern; ist nemlich einer der Bestandtheile angegriffen, so muß der Zusammenhalt mit den anderen aufgehoben und ein Zerfallen herbeigeführt werden, auch wenn diese noch unversehrt sein sollten. Ebenso verwittern körnige Gesteine oft schneller, als dichte oder schieferige.

Aenderungen in der Natur der Gesteine werden ferner durch Einwirkung großer Hitzegrade auf dieselben hervorgerufen. Dieß kann entweder geschehen sein durch plutonische oder vulkanische Gebirgsarten, welche in erhitztem Zustande mit anderen Gesteinen in Berührung kamen, oder durch brennende Braun- und Schwarzkohlenlagen. Beide Erscheinungen werden später noch genauer betrachtet werden, hier genügt es, die Veränderungen anzudeuten, welche sie hervorrufen. Am häufigsten sehen wir, daß die Farbe der Gesteine verändert wird, sie erscheint dunkeler oder bleich, dann das Gefüge, die Dichtigkeit, selbst die chemische Zusammensetzung der Bestandtheile; man findet die Felsarten in größerem oder geringerem Grade gebrannt, gefrittet, geschmolzen, verglast oder verschlackt.

Nach den im Vorhergehenden entwickelten Verhältnissen des Bestandes und der Struktur der Gesteine läßt sich ein mineralogisches System derselben aufstellen, nach welchem man diese einzeln betrachten kann, das aber, je nachdem man jenen oder diese als Basis desselben annimmt, verschieden werden muß. Da man sich aber bei Bestimmung der Gebirgsarten vorzüglich an die äußeren Kennzeichen halten muß, indem uns hier nur Aggregate und Gemenge vorliegen, keine Spezies, so sind wir der Meinung, daß bei einer systematischen Eintheilung der Gebirgsarten jene zur Erkennung derselben zu benutzen seien. Dieser Zweck wird am Besten erreicht werden, wenn man Bestand und Struktur zur Eintheilung benutzt, und demnach die Gebirgsarten zuerst nach jenem in zwei Hauptklassen trennt, und diese dann nach der Verschiedenheit der Struktur, wobei man diejenigen Arten der letzteren unbeachtet lassen kann, die nur selten und bei einzelnen Gesteinen getroffen wird, in Unterabtheilungen bringt. Zwar erhalten auf solche Weise manche Gesteine, die ihrem Gehalte nach übereinstimmen, eine getrennte Stellung in dieser Reihenfolge, während andere, die in jener Beziehung verschieden sind, unmittelbar hinter einander betrachtet werden, allein es ist, wie gesagt, für die Bestimmung sehr erleichternd, wenn bei der Eintheilung auf beide Momente zugleich Rücksicht genommen wird, und jene ja das Motiv zur mineralogischen Betrachtung derselben ist. Ohne hier in die Charakterisirung

der einzelnen Gesteine einzugehen, wollen wir nur, auf jene Andeutungen gestützt, eine Uebersicht einer mineralogischen Eintheilung geben:

Erste Abtheilung. Gleichartige Gesteine.

a. Körnige.
b. Schieferige.
c. Dichte.

Zweite Abtheilung. Ungleichartige Gesteine.

A. Krystallinische Gesteine.
a. Körnige.
b. Schieferige.
c. Porphyre.

B. Trümmer-Gesteine.
a. Cämentirte.
b. Lose.

II. Lagerung.

Nachdem die mineralogischen Charaktere der Gebirgsarten hervorgehoben und auf deren Wichtigkeit hinsichtlich ihrer Bestimmung hingewiesen wurde, könnte nun zu der geognostischen Betrachtung derselben übergegangen werden, d. h. zur Betrachtung des Antheiles, welchen die verschiedenen Gebirgsarten an der Zusammensetzung unserer Erdrinde haben, und die Stellung, die sie in derselben einnehmen. Ehe dieß jedoch mit Vortheil geschehen kann, müssen wir erst einige Formen-Verhältnisse der Gesteine und deren gegenseitiges Verhalten näher ins Auge fassen; was um so nothwendiger ist, als jene geognostischen Verhältnisse nicht immer ganz klar vorliegen, und jedes Mittel, was zur Bestimmung derselben führt, angewendet werden muß. Denn nirgends sehen wir die Gebirge nur aus einem Stück, aus einer Gebirgsart bestehen, es sind stets einzelne Bruchstücke derselben, welche in einer scheinbaren Unordnung durcheinander gemengt vorkommen.

1) Schichtung. Eine große Abtheilung von Gebirgsarten ist dadurch ausgezeichnet, daß sie ihrer ganzen Verbreitung nach aus einzelnen, in der Regel gleichlaufenden Lagen, Schichten genannt, bestehen, welche Erscheinung für die genauere Bestimmung der gegenseitigen Stellung jener untereinander und selbst zu anderen Gesteinen von der größten Wichtigkeit ist. Die Entstehung der Schichten ist eine Folge der successiven Bildung einer Gebirgsart, vermittelst mechanischer, vielleicht auch chemischer Niederschläge aus einem wässerigen Fluidum; sie kann daher auch nur bei solchen Gebirgsarten erwartet werden, deren Entstehungsart in der innigsten Verbindung mit ihr steht, also bei solchen Gesteinen, die als Absätze aus Wasser angesehen werden. Die Schichten einer Gebirgsart selbst sind durch feine dünne Klüfte, welche man Schichtungsklüfte nennt, von einander getrennt; und doch ist es zuweilen mit einiger Schwierigkeit verbunden, die Schichtung genau zu bestimmen, und die Schichtungsklüfte nicht mit unregelmäßigen Kluftflächen zu verwechseln. Als ein wesentliches Kennzeichen wahrer Schichtungsklüfte ist der Parallelismus anzusehen, mit welchem sich dieselben in allen Windungen und Biegungen auf weite Erstreckung hinziehen. Die Mächtigkeit einer Schichte wird durch eine senkrechte Linie von einer Schichtungskluft zur anderen oder vom Hangenden zum Liegenden bestimmt; mit jenem Ausdrucke bezeichnet man nemlich die über, mit diesem die unter der Schicht befindliche Masse. Nicht immer liegen die Schichten einer Gebirgsart horizontal, söhlig, häufig sind dieselben mehr oder minder stark nach einer Richtung hin geneigt, welche Erscheinung durch

„das Fallen der Schichten" bezeichnet wird. Unter dem Streichen der Schichten versteht man ihre Erstreckung oder Ausdehnung nach einer gewissen Richtung hin, eine Richtung, die immer senkrecht auf dem Fallen steht. Wenn man daher das letztere bestimmt, ist das erstere gegeben. Jene Bestimmung aber geschieht mittelst des Gradbogens und des Compasses, indem man mit ersterem den Grad des Fallens ermittelt, mit letzterem aber die Himmelsgegend angibt, nach welcher hin das Fallen statt findet. Die Enden der Schichten, welche die Gebirgsoberfläche berühren, nennt man ihr Ausgehende. Sind die Schichten senkrecht, so sagt man, sie stehen auf dem Kopfe. Das Fallen der Schichten ist von großer geognostischer Bedeutung, denn da die Schichten, wie wir schon oben bemerkten, Resultate successiver Ablagerungen sind, so kann ihre ursprüngliche Lage auch nicht bedeutend von dem Ebenen abweichen, wo dies aber statt findet, muß eine Störung dieses Zustandes durch spätere Ereignisse bewirkt worden sein. Denn wenn wir z. B. Conglomerate finden, deren Schichten sehr steil stehen, so kann man nicht annehmen, daß diese Lage eine ursprüngliche sei. Wie hätten sich große Rollstücke in solcher Lage erhalten können, als die Schichte noch keine Festigkeit besaß? In anderen Fällen wurden in gewissen stark geneigten Schichten Bäume mit ihren Wurzeln so stehend gefunden, daß der Stamm einen rechten Winkel mit den Schichtflächen bildete, woraus ganz natürlich folgt, daß die Schichten einst horizontal lagen, da alle Bäume senkrecht in die Höhe wachsen. Dabei zeigen sich die Schichten manchmal verschieden gewunden und gebogen, oder sie sind selbst zerrissen und gegenseitig verschoben oder verworfen.

2) Absonderung. Die Trennung der Gesteine durch innere Grenzen in mehr oder weniger regelmäßig gestaltete Massen, die auf manigfaltige Weise unter einander geordnet sind, nennt man Absonderung. Man unterscheidet mehrere Arten der letzteren, nemlich:

a. Säulenförmige Absonderung. Manche Gebirgsarten zeigen sich ihrer ganzen Masse nach in mehr oder minder regelmäßige Säulen abgesondert; dieselben sind 3, 4, 5 und mehrseitig, einige Zoll bis mehrere Fuß dick, und besitzen eine Länge von mehreren bis zu 100 Fuß und darüber. Nicht selten sind sie gegliedert, so daß das convexe Ende des einen Stückes in das concave des anderen paßt. Man findet sie gewöhnlich aneinandergereiht in senkrechter Stellung, zuweilen auch gebogen, am ausgezeichnetsten beim Basalt; jedoch zeigen auch Porphyr, Phonolith, Trachyt, Lava und verwandte Gesteine solche Absonderung. Cylindrische Formen zeigen die sogenannten Umläufer des Trachyts am Stenzelberge im Siebengebirge, welche dabei zugleich umlaufend schalig sind.

b. Kugelförmige Absonderung. Diese zeigt ein Gestein, wenn dasselbe aus lauter einzelnen Kugeln besteht, die aber durch eine körnige und dichte Masse von gleicher Beschaffenheit mit einander verbunden sind. Zuweilen sind diese Kugeln noch konzentrisch schalig abgesondert; ihre Größe ist sehr verschieden. Diese Art der Absonderung zeigen besonders Basalte, Dolerite, Diorite und Porphyre. — Die Kugelform scheint manchmal Folge der Verwitterung zu sein, besonders beim Basalt, dessen gegliederte Säulen sich durch jene zu einzelnen Kugeln gestalten, welche dann reihenförmig über einander liegen.

c. Plattenförmige Absonderung. Manche Gebirgsarten zeigen sich abgetheilt in meist lange und dünne Stücke, Platten. Diese liegen aber nie durch die ganze Masse in einer Ebene verbreitet, sondern sprungweise, bald höher, bald tiefer neben einander, wodurch sich diese Absonderung wesentlich von der Schichtung unterscheidet. Man findet sie besonders beim Porphyr, Phonolith u. s. w.

d. Parallelopipedische oder kubische Absonderung. Durchschneiden sich die Absonderungsklüfte nach drei unter sich parallelen Richtungen, so erscheinen die Gesteine in würfelige Blöcke oder Quadern abgetheilt.

e. Massige Absonderung. Diese entsteht, wenn die Spaltungsklüfte, zwar ohne große Regelmäßigkeit aber doch in solcher Weise das Gestein durchziehen, daß nur große, abgesonderte Stücke oder Massen entstehen.

Von der Absonderung unterscheidet man noch die Zerklüftung der Gesteine, wenn sich diese nemlich durch Risse und Sprünge nach allen Seiten hin durchzogen und auf solche Weise in viele unregelmäßige, große und kleine Massen gespalten zeigen.

Alle diese verschiedenen Erscheinungen der Absonderung sind durch die Art und Weise der Entstehung der Gebirgsarten bedingt, und gründen sich auf eine Verminderung des Volumens derselben während ihres Festwerdens. Jene Verminderung mußte bei der bedeutenden Masse einzelner Gesteine nicht nur eine Verkleinerung des Umfangs derselben, sondern auch Risse und Sprünge in ihrem Innern bewirken, wie wir das heutiges Tages noch bei schlammigen Niederschlägen durch Austrocknen, bei Laven durch Erkaltung hervorgerufen sehen. Bei jenen wird die Verminderung des Volumens durch die Entweichung des Wassers, bei diesen durch die Ausströmung von Wärme und der dadurch eintretenden Zusammenziehung bedingt. Wenden wir nun diese beiden Entstehungsweisen der Absonderung auf jene angeführten Arten der letzteren an, so dürfte die säulenförmige, kugel- und plattenförmige Absonderung mehr Folge der Abkühlung, die parallelopipedische aber mehr die der Austrocknung sein; die massige Absonderung scheint auf beide Weisen zu entstehen. Die künstlichen Versuche G. Bischofs haben dargethan, daß je schneller die Abkühlung geschmolzener Gebirgsarten statt fand, um so häufiger und unregelmäßiger zeigten sich die Absonderungsklüfte; diese bildeten sich aber regelmäßiger, wenn die Abkühlung langsamer und von einzelnen bestimmten Flächen ausging, so daß die Säulen, welche dadurch entstanden, auf jenen senkrecht standen, die Platten meist parallel mit denselben liefen. Es sind dies Vorgänge, wie sie gewiß auch in der Natur statt fanden.

Nachdem wir auf solche Weise einige Andeutungen gegeben haben, die zum Verständniß des Folgenden nothwendig waren, wollen wir zur allemeinen Betrachtung der Lagerungs-Verhältnisse der Gebirgsarten übergehen. Unter Lagerung versteht man diejenige Stelle, welche eine Gebirgsart unter den übrigen in der festen Rinde unserer Erde einnimmt. Diese Stelle hängt aber offenbar von der Art und Weise, wie eine Gebirgsart entstanden ist, ab, welche Entstehung ihrerseits wieder in dem Wesen der Gesteine gewisse Merkmale hinterlassen haben wird, von welchen aus wir auf jene werden schließen können. Wenn wir nun sehen, daß die Schichtung nur einem Theil der Gebirgsarten eigenthümlich, daß diese ferner Folge eines Absatzes aus Wasser ist, so müssen auch die Gesteine, welche Schichtung zeigen, eine gleiche Entstehung wie diese haben. Die untere Schicht muß aber der Natur der Sache nach, als die zuerst entstandene, also auch die älteste sein; was aber hier bei den Schichten gilt, muß auch bei den Gebirgsarten gelten, die geschichtet sind. Wir haben demnach in diesem Verhältniß ein Mittel, um die Stellung, oder das gegenseitige Alter dieser Gebirgsarten zu bestimmen. Anders verhält es sich bei den Gesteinen, die keine Schichtung zeigen, denen man eine Bildung auf feuerigem Wege zuschreibt; diese kommen in unförmlichen Massen vor, bei welchen solche Bestimmungen auf andere Weise vorgenommen werden müssen. Jene Gesteine werden geschichtete oder normale, diese massige oder abnorme genannt.

Die Bestimmung der Lagerung der geschichteten Gesteine würde höchst einfach sein, wenn sie sich noch alle in ihrer ursprünglich horizontalen Lage befänden, sie umschlössen dann unsere Erde gleichsam in parallelen Lagen oder Schalen. Allein dies ist nicht der Fall; sie sind häufig nach ihrer Entstehung gewaltsam aus ihrer Lage gebracht, und dadurch ihre Schichten verschieden aufgerichtet worden. Gebirgsarten, deren Schichten parallel sind, die also gleiches Streichen und Fallen haben, welche allgemeine Stellung dieselben übrigens auch haben mögen, ob horizontal oder mehr oder minder geneigt, sind gleichförmig gelagert; während ihrer Bildungszeit konnten sich an diesen Stellen keine Veränderungen in der Lage der Theile der Erdoberfläche zugetragen haben. Gesteine, deren Schichten nicht parallel laufen, sind ungleichförmig oder abweichend gelagert. Es müssen also hier in der Lage der unteren älteren Gebirgsart in der Zwischenzeit ihrer Bildung Veränderungen statt gefunden haben. Wenn das Ausgehende der Schichten der unten liegenden Gebirgsart von einer anderen bedeckt wird, so heißt man dies übergreifende Lagerung. Aber nicht allein an der Oberfläche ist durch eine Niveauverschiedenheit der Zusammenhang der Schichten verschiedener Gebirgsarten unterbrochen, sondern es findet sich dies auch zuweilen im Innern derselben. Diese Erscheinung wird Rücken, Verwerfung, Verschiebung genannt, und spricht sich dadurch aus, daß die Schichten nach Flächen von einander getrennt sind, welche sie durchschneiden, so daß die Gebirgstheile oder Stücke zu beiden Seiten der Verwerfung sich verschieden verhalten; entweder sind beide ungleich gehoben oder gesenkt, oder eins ist nur aus seiner Lage gebracht worden. Jedenfalls sind auch diese Veränderungen Folge von gewaltsamen Ereignissen.

Bei den ungeschichteten Gebirgsarten lassen sich die Lagerungs-Verhältnisse sowohl derselben unter einander, als gegen die geschichteten Gesteine nicht unter solchen einfachen Gesichtspunkten auffassen, wie bei den geschichteten Gebirgsarten. Bei ihnen kann, da sie keine Schichtung besitzen, gleichförmige Lagerung auch gar nicht vorkommen. Sie erscheinen daher in unregelmäßigen Massen, neben-, über- oder ineinander gelagert; auf das Manichfaltigste ineinander, so wie in die geschichteten Gebirgsarten eingreifend. Sie sind es, welche einen großen Theil von diesen aus ihrer ursprünglichen Lage gebracht haben. Bei ihrem Empordringen aus dem Erdinnern wurden die durchbrochenen Gesteine mehr oder weniger aus ihrer Stellung gebracht, ändernd auf sie eingewirkt und Bruchstücke von ihnen losgerissen; Momente, die zur Bestimmung des relativen Alters solcher Gebirgsarten benutzt werden. Ihre Ausdehnung ist oft sehr beträchtlich aber regellos; manchmal bestehen ganze Berge oder Berggruppen aus ihnen.

Einer besonderen Erwähnung verdienen noch die Gänge, d. h. plattenförmige Massen, die in senkrechter, häufiger in mehr oder minder geneigter Stellung die Schichten durchschneiden oder auch ungeschichtete Gesteine durchziehen. Da sie Ausfüllungen von Spalten sind, so muß auch das Nebengestein, d. h. das Gestein, welches sie durchsetzen, stets älter sein, wie sie. Die räumlichen Verhältnisse werden ebenso bestimmt, wie die der Schichten. Die Längen-Erstreckung eines Ganges, oder die Richtung, in welcher er eine Gebirgsart durchzieht, wird sein Streichen genannt, die Neigung desselben gegen die Wasserebene heißt sein Fallen. Das Neben-Gestein, worauf der Gang ruht, nennt man Liegendes, das über ihm befindliche Hangendes. Seine Mächtigkeit wird durch eine senkrechte Linie von diesem zu jenem bestimmt. Da wo der Gang die Erdoberfläche berührt, ist sein Ausgehendes. Nach der Ausfüllungsmasse der Gänge oder der Gangart unterscheidet man Gesteins-

Mineral- und Erz-Gänge. Sind die Gänge scharf von dem Neben-Gestein getrennt, so wird der äußere Saum der Gangmasse vom sogenannten Sahlbande gebildet. Bei der Entstehung der Gänge, besonders der Gestein-Gänge, sind nicht selten Bewegungen im Nebengestein entstanden, so daß Senkungen oder Hebungen auf der einen oder der anderen Seite des Ganges eintraten, die bei den geschichteten Gesteinen am deutlichsten erkannt werden können, und Verwerfungen der Schichten verursachten, wie sie oben angedeutet wurden, deren Größe verschieden ist, manchmal bis zu mehreren hundert Fuß ansteigt. Als eine Folge der Bewegung der Gesteine, durch vorhergegangene Spaltung vermittelt, werden die sogenannten Harnische, Spiegel, Reibungs- oder Rutschflächen angesehen, mehr oder minder glatte Flächen, die wie polirt, häufig auch gestreift erscheinen, und durch Reibung hervorgerufen wurden. Man findet sie an dem Neben-, wie an dem Ganggestein, manchmal auch zwischen letzterem und seinem Sahlbande. Diese Rutschflächen müssen jedoch später als die Gangmasse entstanden sein, wenn sie sich an letzterer finden; denn man mag sich die Bildung dieser denken, wie man will, so setzt die Entstehung der Spiegel immer einen festen Zustand der Massen voraus; es ist daher wohl anzunehmen, daß die Ursachen, welche große Spaltungen hervorriefen, sich wiederholt haben und um so eher zwischen Gangmasse und Nebengestein Bewegungen auf der einen oder der anderen Seite veranlassen konnten, als der Zusammenhang zwischen beiden nicht so bedeutend war, wie in dem festen Gestein selbst. Doch kommen auch Verwerfungen mit Rutschflächen bei bloßen Spaltungsklüften vor. — Zuweilen setzt ein Gang durch mehrere Gesteine fort, zuweilen wird er aber auch durch ein solches plötzlich abgeschnitten, in welchem Falle man annimmt, daß der Gang älter sei, als das abschneidende Gestein. Das Verhalten der Gänge unter sich zeigt ebenfalls manche wichtige Erscheinungen. Manchmal laufen die in einem Gesteine vorkommenden Gänge in mehr oder minder paralleler Richtung nebeneinander hin, sie bilden einen Gangzug, zuweilen ist aber auch eine solche Regelmäßigkeit nicht vorhanden, die Gänge durchziehen das Gestein nach allen Richtungen, dieses System von Gängen wird Stockwerks-Gänge genannt. Hierbei kommt es denn auch häufig vor, daß ein Gang den anderen durchsetzt, in welchem Falle der durchsetzte der ältere, der durchsetzende der jüngere sein muß; nur dann, wenn die Masse des einen von der des anderen nicht abgeschnitten wird, wenn sich beide gleichsam ineinander verlaufen, sind sie als gleichzeitig entstanden anzusehen. Bei einer solchen Durchsetzung oder Kreuzung der Gänge findet auch nicht selten Verwerfung statt, so daß der ältere durch den jüngeren Gang auf größere oder geringere Strecken verschoben wurde. Laufen zwei Gänge auf eine gewisse Strecke nebeneinander hin, ohne durch Nebengestein, welches sonst zwischen beiden sich befindet, getrennt zu sein, so nennt man dies: die Gänge schleppen sich. Die Mächtigkeit der Gänge ist sehr verschieden, und dieselbe nimmt manchmal so zu bei Gestein-Gängen, daß man sieht, diese stehen mit den ungeschichteten Massen in der innigsten Verbindung, d. h. es sind ungeschichtete Massen nur in einen mehr oder minder engeren Raum eingezwängt. Verzweigen sich Gänge, so nennt man die kleineren Theile Ausläufer; ganz unregelmäßige sehr dünne Gänge heißen Adern.

Es gibt noch einige Formen, in welchen sich Gebirgsarten sowohl, als auch Mineral-Massen in der Natur finden, die noch kurz erwähnt werden sollen. Plattenförmige Gestein-Massen von geringer Mächtigkeit, welche mit den Schichten der sie einschließenden geschichteten Gebirgsarten parallel laufen, und sich durch die Beschaffenheit ihrer Substanz von den letzteren unterscheiden, werden

Lager genannt. Diese betrachtet man als den Gesteinen untergeordnet, in denen sie vorkommen. Die räumlichen Verhältnisse, Streichen, Fallen, Mächtigkeit ꝛc. werden auf gleiche Weise bezeichnet, wie die der Schichten; obwohl die Lager wieder aus mehreren Schichten bestehen können. Massen von ziemlich großer Mächtigkeit, aber von geringer Ausdehnung werden Stöcke genannt, und zwar sind sie liegende Stöcke, wenn jene horizontal, lagerartig, stehende Stöcke, wenn ihre Ausdehnung vertikal, gangartig ist.

III. Verschiedenheit der Gebirgsarten in geognostischer Hinsicht.

Es wurde schon im Vorhergehenden darauf hingewiesen, wie aus der Lagerung der Gebirgsarten Schlüsse auf die Art und Weise ihrer Entstehung gezogen werden können, besonders wenn man die Vorgänge, wie sie in dieser Beziehung heutiges Tages noch statt finden, ins Auge faßt. Wir unterscheiden demnach im allgemeinen geschichtete und ungeschichtete Gebirgsarten.

Die geschichteten Gesteine, für welche also das Phänomen der Schichtung als einer der Hauptcharaktere angesehen werden muß, lassen jedoch auch noch andere Eigenthümlichkeiten wahrnehmen, die zu ihrer Erkennung beitragen. Hierher gehören ihre mineralogische Zusammensetzung und die organischen Reste, welche sich in ihnen eingeschlossen finden. Jene ist im Ganzen einfach: quarzige, thonige und kalkige Substanzen bilden die Hauptmassen, die theils rein, theils gemengt miteinander sind, und in ihrer Struktur sogleich auf die Entstehungsweise schließen lassen. Die Kalksteine, Thone, Mergel, Sandsteine und die meisten übrigen Trümmer-Gesteine gehören hierher, die als aus Wasser abgesetzt, als Sediment-Gesteine, betrachtet werden. Aus dieser gleichen Entstehungsweise und aus dem im Ganzen gleichförmigen ihres Gesteins-Charakters erklärt es sich auch, wie wir die mineralogischen Eigenschaften nur mit Vorsicht zu ihrer geognostischen Bestimmung anwenden dürfen, ja wie wir häufig gar nicht im Stande wären, solche zu unternehmen, wenn wir nicht in den Versteinerungen ein Mittel hätten, dieselben in vielen Fällen von einander zu unterscheiden. Während nemlich jene Sediment-Gesteine auf dem Boden des Wassers abgelagert oder niedergeschlagen wurden, umhüllten sie auch Thiere und Pflanzen, welche in jenem lebten oder ebenfalls herbeigeführt worden waren. Diese erlitten im Laufe der Zeiten manichfache Veränderungen, so daß gewöhnlich nur ihre festen Theile, häufig auch blos der Form nach, erhalten blieben, welche jetzt als Petrefakten getroffen werden. Das Vorkommen der letztern aber in jenen Massen gibt nicht allein einen Beweis für deren oben angedeutetes Entstehen, sondern auch noch weitere wichtige Aufschlüsse über die Art und besonders die relative Zeit ihrer Bildung. Die Verschiedenheit der eingeschlossenen organischen Körper, deren Existenz theils an das Meer, theils an das süße Wasser oder an das Festland geknüpft war, die Verschiedenheit dieser Körper wieder unter sich, je nachdem sie in verschiedenen Schichten getroffen wurden, weist auf das Bestimmteste darauf hin, daß jene Massen nicht bei ein und demselben Zustand der Erdoberfläche, zu ein und derselben Zeit gebildet worden seien. Die geschichteten Gesteine lassen eine bestimmte Reihenfolge mit vieler Regelmäßigkeit und Gleichförmigkeit wahrnehmen, welche, nach allen bis jetzt gemachten Erfahrungen und Beobachtungen, im Allgemeinen stets dieselbe bleibt. Man würde aber sehr irren, wenn man glauben wollte, diese Reihenfolge der geschichteten Gebirgsarten irgendwo ununterbrochen anzutreffen, im Gegentheil, dieselbe ist häufig bald hier bald dort gestört, es fehlen diese oder jene Glieder in der großen Kette. Es stimmen aber diese Unterbrechungen in der Reihenfolge hinsichtlich der Verschiedenartigkeit der Massen und der in ihnen vorkom-

menden Petrefakten überein. Die Zeiten der Ruhe, welche für die Bildung der Schichten nothwendig, für die Existenz organischer Körper Bedingung waren, wurden manchmal durch gewaltsame Vorgänge unterbrochen, daher die Veränderung in der Stellung der Schichten, daher die Lücken in der Reihenfolge der geschichteten Massen. Auf diese Weise wird die Bildungszeit in bestimmte Epochen getheilt, so daß die Schichten und Gesteine einer jeden Epoche gewissermaßen ein abgeschlossenes Ganzes bilden, unabhängig von den darunter- oder darüber liegenden Massen, eine Formation ausmachen. Wir dürfen jedoch nicht erwarten, diese Epochen scharf von einander getrennt zu finden, denn einmal waren die Ursachen der Umwälzungen gewiß nicht immer in ihren Wirkungen gleich groß, und dann wohl auch nicht zu derselben Zeit über alle Theile der Erde verbreitet. Man wird deßwegen auch an einigen Orten Gebirgsarten antreffen, die an anderen fehlen, oder dieselben Gesteine hier mächtig, dort schwach entwickelt finden, und ebenso hier Reste von organischen Körpern in ihnen eingeschlossen sehen, welche dort vergeblich gesucht werden. Obwohl die Unterschiede solcher Epochen in ihren Formationsgliedern und Petrefakten zuweilen sehr groß sein können, so darf man solche auch nicht partiell auffassen, sondern wir müssen die Reihenfolge der geschichteten Gebirgsarten im Allgemeinen betrachten, und wir werden dann zu der Ueberzeugung kommen, daß jene Abschnitte in dem Bildungs- und Entwickelungsgang unserer Erde nur mehr oder weniger lokal sind, durch Störungen hervorgebracht, wie sie eben angegeben wurden, und daß im Gegentheil ein gleichmäßiger Fortgang in der Ausbildung unserer Erdoberfläche statt fand. Man wird daher auch hier Uebergänge solcher Epochen oder Formationen in einander finden, die wir dort vergeblich suchen. Aber der leichteren Uebersicht wegen kann es nur zweckmäßig sein, solche Eintheilung in Formationen beizubehalten.

Eine Schwierigkeit, welche sich der Bestimmung der Gleichzeitigkeit der Schichten in entfernten Gegenden entgegengestellt, ist die Verschiedenheit des mineralogischen Charakters derselben. Denn es ist leicht denkbar, daß zu derselben Zeit an einem Orte Schichten von Kalk entstanden, während an anderen solche von Sandstein, Mergel u. s. w. gebildet werden konnten. In solchen Fällen sind nun die eingeschlossenen organischen Reste besonders entscheidend. Solche Bildungen aber, die bei gleichzeitiger Entstehung und mit gleichen Petrefakten versehen, sehr verschiedenartig hinsichtlich ihrer Gesteins-Beschaffenheit sind, werden Parallelformationen genannt, zuweilen auch Aequivalente. Wenn daher von Parallelisirung der Schichten oder Formationen die Rede ist, so versteht man darunter nur, daß man ihre gleichzeitige Entstehung erkannt habe.

Wir unterscheiden also die geschichteten Gebirgsarten geognostisch untereinander nach dem Alter, die unterliegende Schicht ist älter als die oben befindliche; eine Gebirgsart, welche Bruchstücke einer andern einschließt, muß jünger sein, als die, von welcher solche abstammen, denn während jene gebildet wurde, war diese schon vorhanden; in allen zweifelhaften Fällen aber, die bei jener Bestimmung vorkommen können, sind die eingeschlossenen Versteinerungen entscheidend. Hieraus ergibt sich die Wichtigkeit, welche diese organischen Körper für die Geognosie haben, indem sie jedoch auch zugleich für die Entwickelungs-Geschichte unserer Erde von großer Bedeutung sind. Wir werden dieselben daher später noch besonders betrachten.

Für die massigen oder ungeschichteten Gebirgsarten lassen sich, wie schon früher bemerkt, die Folgerungen, welche aus der Schichtung gezogen werden, nicht anwenden; obwohl sich auch eine gewisse Altersfolge unter ihnen

wahrnehmen läßt, welche sich entweder aus ihrem lokalen Vorkommen miteinander ergibt, oder, auf allgemeine Erfahrungen gestützt, aus ihrer Zusammensetzung geschlossen werden kann. Jedenfalls aber ist ihre Reihenfolge durchaus keine so bestimmte, wie die der geschichteten Gesteine. Auch das Hülfsmittel, welches uns zur Bestimmung der Altersverhältnisse in den organischen Einschlüssen bei diesen gegeben ist, mangelt hier, die ungeschichteten Massen sind versteinerungsleer. Dagegen besitzen wir in ihrem mineralogischen Charakter ein Mittel, sie von einander zu unterscheiden und zu bestimmen, und dann aus ihrer Zusammensetzung, wie schon oben angedeutet wurde, Schlüsse in jener Beziehung zu ziehen. Sie sind sehr verschiedenartig zusammengesetzt und gehören zum Theil den gleichartigen zum Theil den ungleichartigen Gebirgsarten an, besitzen jedoch alle krystallinisches Gefüge. Feldspath, Quarz, Glimmer, Hornblende und Augit bilden die Hauptbestandtheile, wonach man sie in drei Gruppen: Feldspath, Hornblende und Augit-Gesteine eintheilen kann, deren Glieder zugleich geognostisch enger mit einander verbunden sind. Die ungeschichteten Gebirgsarten sind im Ganzen umfangreicher, wie die geschichteten, und greifen auf das manichfaltigste in die letzteren ein, indem sie dabei in den verschiedensten, großartigsten und zu isolirten Massen vereinigten Formen auftreten. Uebrigens ergibt sich bei den meisten, daß sie aus dem Innern der Erde an die Oberfläche getreten sind, so daß sie demnach auch hierin, d. h. hinsichtlich ihrer Bildung, einen wahren Gegensatz zu den geschichteten Gesteinen bilden. Die Uebereinstimmung, welche viele jener Massen mit den Produkten jetzt noch thätiger Vulkane zeigen, die im feurigflüssigen Zustande aus den Tiefen auf die Oberfläche unserer Erde gebracht werden, spricht für jene Ansicht. Diejenigen massigen Gesteine nun, bei welchen sich eine Uebereinstimmung im Gesteins-Charakter und der Art des Vorkommens in der eben berührten Art nachweisen läßt, obgleich ihre Entstehung nicht in die jetzige oder geschichtliche Zeit fällt, werden mit jenen Produkten der Feuerberge zusammengestellt, und vulkanische Gesteine genannt. Im Gegensatz zu diesen unterscheidet man diejenigen massigen Gebirgsarten, die man in gleicher oder ähnlicher Zusammensetzung noch nicht bei thätigen Vulkanen getroffen hat, obwohl sie häufig den Charakter feurigflüssigen Ursprungs an sich tragen, weßwegen sie plutonische Gesteine genannt werden. Eine Verschiedenheit, bei deren Betrachtung man unwillkührlich an eine Verschiedenheit in den Altersverhältnissen jener erinnert wird. Und diese scheint auch allerdings statt zu finden, und sich in dem verschiedenen mineralogischen Charakter der ungeschichteten Gesteine und in dem mehr oder minder massigen Auftreten derselben im Allgemeinen auszusprechen. Zu den plutonischen gehören die Feldspath- und Hornblende-, zu den vulkanischen die Augit-Gesteine.

Ein Theil der massigen Felsarten, und zwar zu den plutonischen gehörend, müssen als die ältesten festen Massen unserer Erde überhaupt angesehen werden, indem die tiefsten oder untersten Lagen der geschichteten Gesteine auf ihnen ruhen. Das relative Alter der anderen wird aus ihrem Verhältniß unter einander und hauptsächlich aus dem zu den geschichteten zu bestimmen gesucht. Betrachten wir nun zuerst jenes Verhältniß, so sind solche abnorme oder ungeschichtete Gesteine, welche in anderen Gänge bilden, oder welche Bruchstücke von jenen einschließen, jünger als diese. Die Gestein-Gänge besitzen zuweilen eine sehr bedeutende Mächtigkeit, so daß es manchmal schwer hält, ihre Gang-Natur zu erkennen. In dieser Beziehung können wohl gewisse Erscheinungen, welche sich an den Berührungs-Punkten der Gang- und Gebirgs-Masse finden, einigen Aufschluß bieten, Erscheinungen, die wir schon zum Theil bei Betrachtung der Gänge, wie z. B. die Rutschflächen, berührt haben, zum Theil aber noch später

zur Sprache bringen wollen. Es gibt auch Fälle, wo abnorme Massen als mächtige Pfeiler oder trichterförmig in anderen vorkommen, und zuweilen selbst an ihren Ausgangspunkten nach der Oberfläche der Erde hin sich noch stromartig verbreitet haben, und jene dann bedecken. Aber in allen diesen angegebenen Fällen können wir doch immer nur die Altersbeziehungen dieser beiden Gesteine untereinander bestimmen, und sind erst dann im Stande, jene in Verbindung mit dem Allgemeinen zu bringen, wenn wir die Entstehung des ältesten dieser Gesteine festgesetzt haben. Es ist daher für die Bestimmung des relativen Alters der ungeschichteten Massen viel wichtiger, ihre Beziehung in dieser Hinsicht zu den geschichteten Gesteinen zu betrachten, indem diese eine bestimmte unveränderliche Reihenfolge wahrnehmen lassen, nach welcher in gar manchen Fällen das Alter von jenen beurtheilt werden kann. Eine jede massige Gebirgsart, welche die Schichten einer normalen oder geschichteten aus ihrer horizontalen Lage in eine mehr oder weniger stark geneigte Stellung gebracht hat, muß jünger sein, als letztere. Diese Erscheinung wurde selbst mit vielem Erfolge benutzt, um das relative Alter der Gebirgszüge zu bestimmen, indem jede Umwälzung der Art zwischen die vollendete Ablagerung der zuletzt aufgerichteten Schicht, und der tiefsten horizontalen Schicht fällt. Ein Gebirgszug, in dessen Nähe man die obersten Glieder der Zechstein-Formation gehoben, die untersten des bunten Sandsteins aber horizontal findet, muß nothwendig unmittelbar vor dem Absatz des letzteren Gesteins entstanden sein. Aus dem eben Angeführten ergibt sich aber auch, daß jede geschichtete Gebirgsart, welche eine ungeschichtete in horizontaler Schichtung berührt, jünger sein muß als diese. Schließt ferner jene Bruchstücke von dieser ein, so hat dasselbe Verhältniß statt, gerade wie ein ungeschichtes Gestein jünger ist, als ein geschichtetes, von dem es Bruchstücke umhüllt. Selten werden Massen abnormer Gebirgsarten lagerartig zwischen den Schichten normaler getroffen, wodurch ihr Auftreten das Aussehen gleichförmiger Lagerung erhält, allein dies ist es nicht, es hatte sich jene nur bei ihrem Empordringen aus dem Erdinnern zwischen die Lager des geschichteten Gesteins eingedrängt, und ist daher auch stets jünger wie dieses. An einigen Orten wurde auch der Zusammenhang solcher lagerartigen Massen mit Gestein-Gängen nachgewiesen, so daß jene nur als Verzweigungen von diesen anzusehen sind. Aber auch Gestein-Gänge müssen jünger sein, als die von ihnen durchzogenen geschichteten Gesteine; dasselbe ist der Fall, wenn mächtige pfeiler- oder trichterförmige Massen abnormer Gesteine zwischen jenen vorkommen, oder sich dieselben in Strömen über diesen ausgebreitet haben. Eine Erscheinung, welche nicht unbeachtet gelassen werden darf, wenn es sich um Bestimmung der Altersverhältnisse zwischen ungeschichteten und geschichteten Gesteinen handelt, ist die Einwirkung, welche jene auf diese hervorriefen, an ihren Berührungs-Grenzen. Die Aenderungen, die durch jene Einwirkung hervorgerufen wurden, sind einmal ein sicherer Beweis, daß das veränderte Gestein älter sei als das ändernde, und dann zeigen sie sich auch zuweilen in der Art, daß nur eine in bedeutendem Hitzegrad befindliche Masse solche bewirken konnte, geben also auch Zeugniß von dem Zustande, in welchem sich das Gestein befunden haben müsse, als es emporgedrungen. Solche Veränderungen sind aber: Schmelzungen, Verglasungen oder selbst Verschlackungen, ferner Veränderungen in der Form, Sandsteine nehmen z. B. säulenförmige Absonderung an, wenn sie in Berührung mit Basalten kommen, im Gefüge, dichte Kalke wurden zu körnigen, in der Farbe, es finden z. B. Entfärbungen statt, in der chemischen Zusammensetzung, Braunkohlen wurden zu Anthraziten 2c. Mehrere dieser Erscheinungen findet man gewöhnlich zugleich an veränderten Gesteinen.

Manche aus dem Erdinnern emporgestiegene ungeschichtete Gebirgs-Massen sind von Trümmer-Gesteinen begleitet, ja zuweilen ganz von ihnen umgeben, wie dieß z. B. bei Basalten hie und da der Fall ist, die man, nach der Art der Entstehung, welche man ihnen zuschreibt, Reibungsconglomerate nennt. Ihre Bildung fand nemlich statt durch Reibung jener Massen, bei deren gewaltsamer Emportreibung an den durchbrochenen Gebirgsgesteinen; daher sie auch aus Bruchstücken von diesen und jenen bestehen, und sich um so manigfacher zeigen, je verschiedener und je größer die Zahl der Gebirgsarten war, welche durchbrochen wurden. Nicht selten geben uns dann solche Conglomerate durch die verschiedenen Bruchstücke Anhalte-Punkte zur Bestimmung der durchbrochenen Gebirgsarten. So sind die Phonolithe des Högaus, welche meistens aus Molasse hervortreten, manchmal von Conglomeraten begleitet, die außer Jura- und Liaskalk und Bruchstücken von anderen Gesteinen auch noch solche von Gneiß einschließen, einer Gebirgsart, die weit davon, erst im Schwarzwalde zu Tage ansteht, aber in der Tiefe doch von Phonolith durchbrochen worden sein muß, wobei Stücke derselben losgerissen und in die Höhe gebracht wurden.

Fassen wir nun noch einmal kurz die Momente zusammen, welche uns zur Bestimmung der Alters-Verhältnisse zwischen geschichteten und massigen Gesteinen dienen, so ist jenes älter wie dieses, wenn es von ihm aus seiner horizontalen Lage gebracht wurde, wenn Bruchstücke desselben in letzterem eingeschlossen, wenn auffallende Veränderungen an den Berührungs-Punkten in der Masse desselben vorhanden sind, oder endlich, wenn das ungeschichtete Gestein in Gängen in dem geschichteten vorkommt. Der umgekehrte Fall aber findet statt, dieses ist jünger wie jenes, wenn es ungestört, horizontal oder mit sehr geringer Neigung der Schichten auf letzterem liegt, oder wenn es Bruchstücke von demselben einschließt.

Noch müssen wir einer Abtheilung von Gesteinen erwähnen, welche in neuerer Zeit die Aufmerksamkeit der Naturforscher vielfach in Anspruch genommen, und über deren Entstehen man sich noch nichts weniger, als geeinigt hat. Es sind dies die sogenannten krystallinischen Schiefergesteine, d. h. solche gleichartige wie ungleichartige Felsarten, die durch ein schieferiges Gefüge, in welchem ihre einzelnen Theile verbunden erscheinen, ausgezeichnet sind. Ein Gefüge, das seiner Aehnlichkeit mit der Schichtung wegen von einigen Geognosten als solche angesprochen, wenigstens aus dieser hervorgegangen betrachtet wird, und ihnen Veranlassung gab, die Gebirgsarten, welche solches besitzen, als eine besondere Klasse unter der Benennung versteinerungsleere geschichtete Gebirgsmassen aufzustellen; während andere diese Schieferung als Folge der ruhigen Erkaltung der feurigflüssigen Masse von oben nach unten ansehen und diese krystallinischen Schiefergesteine für die ältesten festen Massen unserer Erde halten. — Jener Ansicht zufolge stehen diese Schiefergesteine gleichsam in der Mitte zwischen den Massen- und Schichtgesteinen, indem sie sich auf der einen Seite durch Gneiß jenen, auf der andern aber durch Glimmer-, Talk- und Thonschiefer diesen anschließen. Sie werden daher auch für veränderte geschichtete Gebirgsarten gehalten, welche nach ihrer Bildung Umwandlungen erlitten hätten, die durch Einwirkung plutonischer Massen auf sie hervorgerufen worden sein sollen, so daß sie gleichsam krystallinische Struktur von diesen angenommen oder vielmehr aufgedrückt bekamen, während die Schichtung von jenen noch in der Schieferung vorhanden sei. Man hat deßhalb diese Schiefergesteine auch metamorphische oder metamorphosirte Gesteine genannt, und den Vorgang, welcher bei ihrer Bildung statt fand, mit dem Namen Meta-

morphismus belegt. Es ist allerdings schwer, ja in manchen Fällen unmöglich, diese Gesteine nach oben hin von den geschichteten ganz scharf zu trennen, da der Thonschiefer sich so innig an beide anschließt, daß er theils zu diesen, theils zu jenen gezählt werden muß, und der Unterschied dieser zwei Arten von Thonschiefer nur im Vorhandensein oder im Mangel an Versteinerungen begründet ist. Indem nun der Thonschiefer nach oben weiter in Grauwackenschiefer übergeht, sehen wir ihn nach unten in vielfachen Uebergängen in Talk-, Chlorit- und Glimmerschiefer vorkommen, welches letztere Gestein sich dann wieder an den Gneiß, dem Endgliede dieser Reihe, anschließt. Dieser aber besitzt dieselben Bestandtheile wie der Granit, und ist nur durch die schieferige Struktur von ihm verschieden. Jedoch verschwindet diese nicht selten so, daß in manchen Gegenden die Grenze zwischen Gneiß und Granit nicht mehr zu bestimmen ist. Auch kann man keine regelmäßige Folge aufstellen, in welcher die schieferigen Gebirgsarten aufeinander liegen, obgleich im Allgemeinen der Gneiß als das tiefste, der Thonschiefer als das oberste Glied derselben angesehen werden. — Da die Ansichten derer, welche die schieferigen Gebirgsarten stets als umgewandelte Sediment-Gesteine betrachten, lediglich auf der Parallel-Struktur derselben, so wie auf ihrem oft parallelen Lagerungsverband mit Thonschiefer, Grauwackenschiefer 2c. beruht, indem jede Parallel-Struktur ursprünglich nur das Resultat sedimentärer Bildungsweise sei, und sie bei ihren Metarmophosen nicht selten die chemische Grundlage unberücksichtigt ließen, so wurden ihrer Hypothese auch besonders von diesen Seiten, wenigstens gegen die Allgemeinheit derselben Einwendungen gemacht. Man wies darauf hin, daß die Parallel-Struktur auch an Gesteinen vorkäme, von welchen Niemand eine ursprüngliche sedimentäre Bildungsweise behaupte, und besonders machte Naumann darauf aufmerksam, daß die Parallel-Textur als eine doppelte, als plane Parallel-Textur oder Plattung, und als lineare oder Streckung unterschieden werden müsse, daß aber in den krystallinischen Silikat-Gesteinen die Plattung wesentlich durch einen Druck, die Streckung aber durch einen Zug der Massen zu erklären sein dürfte; eine Erklärung, welche auch für viele langflaserige Gneiße und körnigstreifige Gneiß-Granite wohl kaum anders zu geben wäre. Von chemischer Seite hat man wohl die Möglichkeit zugegeben, daß Sedimentgesteine, wenn sie bis nahe zu ihrem Schmelzpunkte erhitzt worden, und dieser Temperatur sehr lange Zeit ausgesetzt geblieben wären, dieselben nach und nach zu einer krystallinischen Gebirgsart umgebildet werden könnten, allein nur dann, wenn die elementaren Bestandtheile in ihnen vorhanden waren, welche zur Bildung ihrer krystallinischen Gemengtheile nothwendig gehörten. — Spätere Untersuchungen werden vielleicht weitere Aufschlüsse über diesen Gegenstand liefern und zeigen, daß die Wahrheit wohl in der Mitte liegen dürfte, wonach ein Theil der krystallinischen Schiefergesteine als metamorphosirte geschichtete Gebirgsarten, ein anderer als krystallinische Gebilde der ersten obersten Erstarrungsrinde unserer Erde anzusehen wären, und endlich ein dritter Theil selbst eruptiv gewesen sein dürfte, indem er im feurig-flüssigen Zustande aus dem Innern der Erde emporgedrungen, seine Schieferung dem Druck oder der Streckung verdankt.

Was nun die Verbreitung der geschichteten und ungeschichteten Gebirgs-Massen betrifft, so nehmen jene auf unserer Erdoberfläche einen bei weitem größeren Raum als diese ein. Letztere tauchen nicht selten inselartig aus den Schichtgesteinen empor, reihen sich jedoch auch häufig zusammen und bilden die Grund-Masse aller höheren und bedeutenderen Gebirgen und Gebirgszügen. Wenn wir nun auch den geschichteten Gebirgsarten eine größere oberflächliche Ausdehnung zugestehen müssen, so läßt sich dagegen aus vielen Erscheinungen

schließen, daß die ungeschichteten Gesteine in mehr oder minder beträchtlicher Tiefe gleichsam in zusammenhängender Masse die feste Kruste unserer Erdrinde bilden, als Unterlage jenen dienend. Indem nun diese Massengesteine die Schichtgesteine an vielen Stellen durchbrachen, gelangten sie auf die Oberfläche unserer Erde, und riefen dadurch diejenigen Erscheinungen bei letzteren hervor, auf welche bei der Lagerung vorzüglich hingedeutet wurde.

IV. Versteinerungen oder Petrefakten.

Die organischen Reste, pflanzlichen oder thierischen Ursprungs, welche in gewissen Gesteinen eingeschlossen gefunden werden, nennt man Versteinerungen, Petrefakten oder fossile Organismen. Sie sind für die Bestimmung der Zeit der Bildung jener Gebirgsarten von der größten Wichtigkeit, und in vielen Fällen in dieser Beziehung, wie schon früher bemerkt, fast allein entscheidend. Nicht alle jene Reste aber, welche auf solche Weise getroffen werden, lassen einen gleichen Zustand des Erhaltenseins oder der Veränderung wahrnehmen. Während sich nemlich ein Theil derselben wirklich in eine anorganische Substanz umgewandelt, also je nach der Natur der letzteren versteinert oder vererzt zeigt, wird ein anderer Theil nur mehr oder weniger verändert im Gestein eingeschlossen gefunden. Auch kommen nicht selten innere und äußere Abdrücke von organischen Körpern, oder Ausgüsse von Abdrücken oder von hohlen Theilen gewisser Organismen vor. Im eigentlichen Sinne des Wortes würden daher auch nur die organischen Reste als Petrefakten oder Versteinerungen zu betrachten sein, bei welchen die Mineral-Substanz alles organische verdrängt und die äußere und innere Form derselben angenommen hat, so daß nur aus jener die frühere Existenz des organischen Körpers zu ersehen ist. Allein die Petrefaktenkunde oder Paläontologie zieht alle organischen Formen, die sich in den verschiedenen Gebirgsarten eingeschlossen finden, in welchem Zustande der Veränderung ihre Masse auch getroffen werden möge, in das Bereich ihrer Betrachtung. Wirkliche Versteinerungen kommen nicht selten vor, und zwar sind es besonders gewisse Pflanzentheile, dann Polyparien, Radiarien und ein- und zweischalige Mollusken, welche diesen Zustand zeigen. Die Mineral-Substanzen aber, welche hauptsächlich als Versteinerungs- oder Vererzungs-Mittel gefunden werden, sind: Kalkspath, Barytspath, Quarz- und Opal, Eisenkies und Braun-Eisenstein. So sind es z. B. häufig Stammtheile von Pflanzen, welche in Quarz oder Opal umgewandelt erscheinen, und zwar so, daß man nicht nur die Jahresringe, sondern auch die Zellen- und Spiralgefäße häufig an ihnen zu erkennen vermag. Ferner finden sich die Stielglieder der Crinoideen meistens vollständig aus Kalkspath bestehend, wobei die organische Textur so verschwunden ist, daß jedes einzelne Glied jener Stiele ein unorganisches Individuum bildet, aus welchem sich das primitive Rhomboeder des Kalkspaths herausspalten läßt. Endlich bestehen zuweilen die Schalen mancher Bivalven, gänzlich aus Eisenkies. Einen eigenthümlichen Prozeß der Veränderung haben die vergrabenen Pflanzentheile, von der Braunkohle durch die Schwarzkohle bis zum Anthrazit durchlaufen. Jene zeigt in ihrer chemischen Zusammensetzung noch viel Uebereinstimmendes mit der der Pflanzen, dieser ist in seinem reinen Zustande nur Kohlenstoff, so daß jener Prozeß darin besteht, die vegetabilische Substanz auf ihren Kohlenstoff zu reduziren. Daß bei diesem lokale Verhältnisse hindernd oder beschleunigend einwirken konnten, ist wohl keinem Zweifel unterworfen, und wir haben hierin den Grund zu suchen, weßwegen sich der Kohlenstoff-Gehalt in verschiedenen Kohlen so schwankend von 73 bis zu 96,5 Prozent zeigt. — Sehr wenig oder beinahe unverändert

finden sich Knochen, Krustazeen, Schalen von Moluskeu, Radiaten, Korallen und Infusorien. Diese Veränderung, welche zuweilen kaum erkannt werden kann, besteht darin, daß der thierische Leim und die Färbung verschwinden, und jene Körper dann weiß und mürbe, verwittert oder calzinirt erscheinen. In der Regel deutet dieser Zustand auf ein jugendliches Alter der Gesteine hin, in welchem solche Organismen vorkommen. Sind organische Körper, nachdem sie von der Gestein-Masse umschlossen waren, auf irgend eine Weise entfernt oder zerstört worden, so hinterließen sie sehr häufig Abdrücke ihrer Gestalt und Formen in jener. Sehr häufig findet man auf diese Art die frühere Existenz von gewissen Pflanzen- und Thier-Resten angedeutet. Abdrücke von Blättern und Stämmen, von Korallen, Muscheln und Fischen, und Fährten von Amphibien, Vögeln und Säugethieren werden so getroffen. War der Körper, welcher umschlossen wurde, hohl, wie bei Conchylien, und wurde diese Höhlung ebenfalls von Gebirgsmasse ausgefüllt, so entstanden nach der Zerstörung jenes Körpers die Steinkerne, welche einen innern Abdruck der Muschelschalen geben, und die so häufig in der Natur gefunden werden. Auch Ausgüsse von hohlen Bäumen kommen auf solche Weise vor. Hinterließ ein im Gestein eingeschlossener Körper, nachdem er verschwunden war, einen leeren, seiner ehemaligen Gestalt entsprechenden Raum, so entstand ein Abguß, wenn dieser durch irgend eine unorganische Substanz erfüllt wurde. Steinkerne und Abgüsse sind häufig schwer von einander zu unterscheiden, jene werden jedoch immer nur den innern, diese den äußeren Abdruck liefern. Auch ist, wenn man die Steinkerne in der Gebirgsart beobachtet, gewöhnlich zwischen jener und dieser, wenigstens stellenweise, ein hohler Raum, der von dem verschwundenen Theile, der Schale, des organischen Körpers herrührt. Thierfährten sind stets als Reliefs an den unteren Flächen der Schichten vorhanden; da nemlich die Thiere nur auf der Oberfläche eines weichen Bodens Eindrücke hinterlassen konnten, so mußten diese später mit erfüllt werden, wenn jener von einer neuen Schicht bedeckt wurde, an welcher letzteren sich nun jene Eindrücke als Ausgüsse von Hohlabdrücken auf ihrer unteren Fläche finden müssen. — Vollkommen erhaltene Einschlüsse organischer Körper werden in Bernstein, Steinsalz und Eis getroffen. In ersterem hat man Insekten und Pflanzentheile, und von jenen besonders selbst die weichsten und zartesten Theile so vollständig erhalten gefunden, daß man sie mit noch lebenden genau zu vergleichen vermag. Infusorien und wohlerhaltene Käfer fand man in Steinsalz. Allein höchst merkwürdig sind die vollständigen Kadaver von einem ausgestorbenen Nashorn (Rhinoceros tichorhinus) und einigen vorweltlichen Elephanten, welche man mit Haut und Haaren im Eise Sibiriens fand.

Es ist nur eine gewisse Reihe von Gebirgsarten, in welchen man Versteinerungen findet, und zwar in solchen, die Schichtung zeigen und deren Entstehung Niederschlägen aus Wasser zugeschrieben wird, bei welchem Vorgange organische Körper eingeschlossen wurden, die dann im Laufe der Zeit verschiedenen Veränderungen unterworfen waren; Veränderungen, die wir oben kurz angedeutet haben, welche zum Theil in der Natur der Organismen, zum Theil in der des umschließenden Gesteins zu suchen sein dürften. Aus diesem geht aber auch hervor, daß in plutonischen oder vulkanischen Gebirgsarten keine Petrefakten gefunden werden können, denn alle Angaben der Art reduciren sich auf Bruchstücke versteinerungsführender Gesteine, welche von jenen eingeschlossen wurden. Auf diese Weise befinden sich jedoch die Petrefakten nicht auf ihrer ursprünglichen Lagerstätte, sondern auf einer sekundären. Dies ist auch der Fall wenn eine geschichtete Gebirgsart Geschiebe einer älteren enthält, welche Versteinerungen einschließen. Uebrigens hat man Versteinerungen unter allen Himmelsstrichen

in den verschiedensten Gegenden gefunden, ebenso in verschiedenen Höhen und Tiefen. So wurden Gesteine mit Meeresmuscheln im Himalaya-Gebirge bis zu 16,000′ und in den Anden bis 12,000′ über der Meeresfläche getroffen, in Europa kommen auf Höhen von 10,000′ fossile Conchylien in den Alpen der Schweiz vor. Dagegen hat man auch 6—800′ unter dem Meeresniveau in den Steinkohlen-Gruben der englischen Küsten und bei Valenciennes Pflanzen- und Thier-Ueberreste gefunden. Ferner sind manche Gebirgsarten, ja selbst gewisse Schichten besonders reich an organischen Einschlüssen, während in anderen solche beinahe gänzlich fehlen. Man kennt z. B. Lager des Muschelkalkes, die beinahe gänzlich aus Stielgliedern von Enkriniten bestehen, so daß die Grundmasse der Felsart nur das Bindemittel derselben abgibt, während der unter jenem Gestein liegende bunte Sandstein sehr selten, und nur in den oberen Schichten organische Reste führt. Auch sind die Petrefakten nicht in allen geschichteten Gebirgsarten gleich gut erhalten, wir sehen daher in einigen, wie z. B. in manchen Muschelsandsteinen, beinahe nur Trümmer von Schalen verschiedener Mollusken vorkommen, während wir in anderen, wie in gewissen unteren Oolithen mancher Gegenden, auch die kleinsten Individuen derselben Thierklassen, ja die zartesten Theile derselben erhalten finden. Manche Gesteine waren übrigens auch nicht geeignet, zartere Theile von Organismen zu erhalten, theils wegen ihrer Beschaffenheit, theils wegen der vielleicht stürmischen Vorgänge bei ihrer Bildung; häufig werden z. B. verkieselte Stücke von Baumstämmen im Rothen-Todtliegenden gefunden, sehr selten aber Blätter oder kleine Aestchen. Auch sind die organischen Reste in manchen Gesteinen so fest mit diesen verbunden, daß sie erst durch die Verwitterung der letzteren, welcher sie in der Regel länger widerstehen, blos gelegt werden, oder gar aus diesen herausfallen.

Betrachtet man nun die organischen Reste, welche bis jetzt in den verschiedenen Gesteinen eingeschlossen gefunden wurden, in Vergleichung zu unserer jetzigen Schöpfung, so sehen wir, daß keineswegs alle Pflanzen- und Thier-Geschlechter der letzteren durch jene repräsentirt werden. Die Untersuchung der vorweltlichen Schöpfung hat vielmehr ergeben, daß, obwohl Pflanzen und Thiere im Allgemeinen nach denselben Naturgesetzen organisirt erscheinen, wie die jetzt lebenden, und diese auch in mancher Hinsicht viel Aehnlichkeit miteinander besitzen, sich jene dennoch als spezifisch verschieden von der jetzigen Schöpfung erwiesen hat. Eine Ausnahme machen hievon einige in den jüngeren und jüngsten Schichten vorkommenden Arten, welche mit den jetzt lebenden vollkommen übereinstimmen, wogegen alle anderen aber von diesen immer mehr abweichen, in je tieferen Schichten sie vorkommen. Manche dieser Versteinerungs-Arten gehören noch jetzt lebenden Geschlechtern an, während dies bei anderen nicht der Fall ist, ja diese sind zuweilen so abweichend gebaut, daß man sie kaum den Familien oder Ordnungen jetzt lebender Organismen beizuzählen vermag. Betrachten wir nun im Allgemeinen diese vergrabene Lebewelt der Vorzeit, so finden wir Pflanzen und Thiere nebeneinander im fossilen Zustande; beide von den ältesten bis zu den neuesten geschichteten Gebirgsbildungen gleichzeitig in fortschreitender Entwickelung begriffen. Diese Entwickelung spricht sich theils in der beständigen Zunahme der Zahl von Geschlechtern und Arten aus, theils in dem allmähligen Auftreten neuer Formen von höheren Organismen. So übertreffen z. B. die tertiären Gebirge in ihrem Reichthum an verschiedenen Petrefakten die älteren geschichteten Gesteine bei weitem, und doch kommen sie in dieser Beziehung unserer heutigen Schöpfung nicht gleich. Die ältesten Schichtgesteine enthalten in ihren unteren Lagen nur wenige organische Reste, es sind einige Korallen- und Brachiopoden-Geschlechter, welche gefunden wurden; aber nach oben hin mehren

sich nicht allein diese, sondern es treten auch nach und nach viele neue Geschlechter auf. Hierher gehören verschiedene Crinoideen und Cephalopoden, namentlich Orthozeratiten-, Goniatiten- oder Bellerophon-Arten, welche Letzteren nebst dem Geschlechte der Trilobiten noch vor der Steinkohlen-Ablagerung gänzlich verschwinden. Mit jenen treten die Knorbelfische, Placoiden, auf, die niedrigste Ordnung der niedrigsten Klasse der Wirbelthiere, zu denen sich später die Eckschupper, Ganoiden, gesellen. Letztere nehmen in dem Kupferschiefer sehr zu; in welcher Formation denn auch das erste Reptil, jedoch sehr vereinzelt gefunden wurde. Dagegen tritt hier noch der letzte Produktus sehr bezeichnend auf. Die ersten langschwänzigen Krebse sehen wir im Muschelkalke vorkommen, der auch besonders noch durch Enkriniten und Ceratiten charakterisirt wird. In den Oolithen beginnen die durch ihre zahlreichen Arten ausgezeichneten Geschlechter der Belemniten und Ammoniten. Der letzte Spirifer kommt in den unteren Lagen des Lias vor; dabei werden die kolossalen Ueberreste langhalsiger Plesiosauren und großköpfiger Ichthyosauren gefunden. Korallen bilden ganze Riffe. Libellen und andere Insekten, viele Arten von Fischen und fliegende Eidechsen, Pterodactylus, kommen zusammen vor. Die ersten Spuren von Säugethieren trifft man im Schiefer von Stonesfield. Das Geschlecht der Hippuriten erscheint zuerst in der Kreide, erfüllt hier ganze Schichten und verschwindet auch wieder. Terebrateln kommen noch in solcher Menge vor, wie sie später nie mehr getroffen werden. Belemniten und Ammoniten verschwinden mit der Kreide, letztere aber nicht, ohne sich vorher noch in verschiedene Formen umgestaltet zu haben. Die tertiären Gebirge aber sind besonders durch das Auftreten so vieler und kolossaler Säugethiere charakterisirt. Auch bei den Pflanzen läßt sich eine allmählige Entwickelung und Heranbildung in den verschiedenen Formationen nachweisen, wie dies eben nur ganz kurz bei den Thieren angedeutet wurde. Während nemlich in den älteren geschichteten Gesteinen, besonders in der Kohlenformation, vorzüglich Kryptogamen und Monokotyledonen und nur einige wenige Repräsentanten von Dicotyledonen gefunden werden, nehmen letztere später immer zu, so daß uns in den tertiären Gebirgen eine reiche Flora dikotyledonischer Gewächse entgegen tritt. Neben dieser Entwickelung von Pflanzen und Thieren, oder vielmehr als eine Folge derselben, ist eine gleichmäßig fortdauernde Annäherung in den Formen der Organismen früherer Perioden zu denen der heutigen Schöpfung wahrzunehmen, indem nemlich die absolute Zahl jener annähernden Formen wächst, fremdartige aussterben und besonders nach der Kreide immer mehr analoge Gestalten auftreten. Was aber die fossilen Formen besonders auszeichnet, das ist der tropische Charakter, welchen sie im allgemeinen besitzen, eine Erscheinung, die nicht allein auf eine höhere Temperatur in früheren Perioden der Erde, sondern auch, da gewisse Petrefakten derselben Art unter allen Breitegraden gefunden werden, auf eine größere Gleichmäßigkeit derselben hindeutet. Diese Uebereinstimmung einzelner organischer Formen, so wie überhaupt die überraschende Gleichheit des allgemeinen petrefaktologischen Charakters, welche dieselbe Formation bei ihrer Ausdehnung in horizontaler Richtung auch an den verschiedensten Punkten der Erdoberfläche zeigt, ist wohl am größten bei den ältesten Schichten, und scheint darauf hinzudeuten, daß früher überall auf unserer Erde gleichmäßigere Lebensbedingungen geherrscht haben. Und demnach mußten sich diese, wie sich aus den vorhergehenden Andeutungen ergibt, nach und nach geändert haben. Jener Wechsel der organischen Formen aber dürfte theils in einer allgemeinen allmähligen Veränderung der Temperatur, theils in dem Auftauchen größerer Länder-Massen zu suchen sein, so daß Lokaleinflüsse immer mehr anfingen thätig zu werden, und

in jener Beziehung ihre Wirkungen zu üben. Selbst bei einer Vergleichung der verschiedenen geschichteten Gesteine unter sich sehen wir, daß das Wasser nicht immer dieselben Massen absetzte. Die ältesten Niederschläge waren allgemeiner verbreitet, und bewahrten bei einer großen Erstreckung, dennoch eine größere Einförmigkeit des Charakters, allein später traten Aenderungen ein, es wurden die Niederschläge mit abnehmendem Alter beschränkter und in jeder Beziehung in ihren Merkmalen mannichfaltiger. Neben den Meeres- finden wir auch Süßwasser-Bildungen abgesetzt, das heißt solche, deren organische Einschlüsse nur in süßem Wasser oder auf dem Lande zu leben vermocht hatten.

Aus allen diesen Andeutungen und Betrachtungen geht jedoch auf das Bestimmteste hervor, daß, da sich die organischen Reste der ältesten Schichtgesteine sehr wesentlich von der heutigen Schöpfung unterscheiden, wir aber in den fossilen Organismen der folgenden Niederschläge eine immer größern Annäherung zu denen der letzteren wahrnehmen, auch eine Verschiedenheit in den Pflanzen- und Thier-Formen der einzelnen Formationen untereinander stattfinden muß. Und so sehen wir denn auch eine durch die Zeit der Entstehung bedingte Verschiedenheit der in den Schichten vergrabenen organischen Körper hervorgerufen, und zwar so, daß letztere in unteren Ablagerungen vorkommend, stets von denen in oberen in ihren Formen abweichen. Es muß nemlich jede Schicht einst die oberste Lage auf unserer Erdrinde ausgemacht haben; die Pflanzen und Thiere aber, welche zu der Zeit lebten, als eine solche entstand, gingen da unter und wurden von dieser bedeckt. Aber diese Bildungen dauerten fort und es wiederholte sich derselbe Vorgang. Jedoch muß die Entstehung der Schichten so außerordentlich langsam statt gefunden haben, daß wir, nach den jetzigen Vorgängen zu schließen, nicht nach Tausenden, sondern nach Millionen von Jahren rechnen müssen, Zeiten, welche die Veränderung der organischen Körper begünstigten. Zwar haben sich einzelne Formen derselben durch viele Formationen hindurch erhalten, allein nicht in der Art, sondern im Geschlecht. Ein merkwürdiges Beispiel in dieser Beziehung geben die Terebrateln. Diese kommen schon in den ältesten Gesteinen in sehr zahlreichen Arten eingeschlossen vor, nehmen aber nach dem Zechstein hin mehr ab und sind im Muschelkalk vorzüglich nur durch eine, jedoch sehr verbreitete Art repräsentirt. Allein in der Oolith- und Kreide-Formation treten sie wieder in sehr zahlreichen Arten und außerordentlicher Menge auf, nehmen dann abermals ab, und reichen mit einigen wenigen Arten in die heutige Schöpfung hinein. Fälle der Art gibt es jedoch auch nicht viele, und im allgemeinen müssen wir, wie gesagt, annehmen, von den untersten zu den obersten Schichten die organischen Reste in einer fortschreitenden Reihe von Formen auftreten zu sehen, indem immer einige ältere verschwinden und dagegen neuere erscheinen. Jedoch enthalten die unmittelbar unter einander liegenden Schichten immer noch viele gemeinschaftliche Arten, allein der Unterschied in dieser Beziehung wird größer bei zwei übereinander liegenden verschiedenen Gebirgsarten, und noch bedeutender bei zwei verschiedenen Formationen. Aus dem Allem geht nun der wichtige Satz hervor, daß bestimmte organische Formen für bestimmte geschichtete Gesteine bezeichnend sind, oder mit anderen Worten, die Petrefakten der einzelnen Schichtgesteine und Formationen sind unter sich verschieden, aber sehr ähnlich oder übereinstimmend in Niederschlägen derselben Zeit, so daß dieselben zur Bestimmung der Altersverhältnisse der geschichteten Gesteine mit dem größten Nutzen angewendet werden können.

Unter den in einer bestimmten geschichteten Gebirgsart vorkommenden organischen Resten finden sich immer einige, welche häufiger, ja sogar oft in

großer Menge auftreten, und in weiter Verbreitung getroffen werden, diese sind besonders wichtig, indem man sie als hauptsächlich bezeichnend für jenes Gestein ansieht; da diese für eine Schicht besonders bezeichnende Versteinerungen sehr häufig Molusken sind, so hat man dieselben **Leitmuscheln** genannt. Bei der Uebersicht des Vorkommens der verschiedenen Gesteine in der Natur, werden wir auch bei den Schichtgesteinen einige der bezeichnenden Petrefakten anführen, verweisen aber, was das Speziellere betrifft, auf nachbenannte Werke.

Literatur: v. Schlotheim, Petrefaktenkunde. Gotha. 1820. Nachträge 1822 und 1823. — Deshayes, description des coquilles fossiles des environs de Paris. Paris 1824—1837. — v. Sternberg, Flora der Vorwelt. 6. Hefte. Leipzig 1820—1836. — Sowerby, mineral conchiology. 6 Vol. London 1822—1828. — Defrance, tabl. des corps organisés fossiles. Paris, 1824. — Goldfuß, Abbildung und Beschreibung der Petrefakten Deutschlands. VI. Hefte. Düsseldorf. 1826—1837. — Ad. Brongniart, hist. nat. des végétaux fossiles. Paris, 1829. — Lindley and Hutton, the fossil flora of Great Britain. London, 1823. — Bronn, Lethaea geognostica. II. Bde. und Atlas. 2. Aufl. Stuttgart 1835—1838. — J. A. Corda, Beiträge zur Flora der Vorwelt; mit 60 Taf. Prag, 1845. — Unger, Sinopsis plantarum fossilium. Lipsiae, 1845. — H. B. Geinitz, Grundriß der Versteinerungskunde. Dresden u. Leipz., 1846. — Quenstedt, Petrefaktenkunde Deutschlands 2c. Tüb., 1846.

V. Vorkommen der verschiedenen Gesteine.

Gehen wir nun auf die Betrachtung der speziellen Stellung ein, welche die verschiedenen Gebirgsarten in der festen Rinde unserer Erde zu einander einnehmen, so müssen wir auf die schon früher bemerkte Verschiedenheit derselben Rücksicht nehmen. Wir wollen daher mit den Schichtgesteinen beginnen, dann die Schiefer- und endlich die Massengesteine folgen lassen. Es dürfte die Verfolgung dieses Ganges um so zweckmäßiger sein, als uns zur Bestimmung der Altersverhältnisse der ersteren Mittel zu Gebot stehen, auf welche schon früher aufmerksam gemacht wurde, die uns bei letzteren fehlen, und deren Beziehungen in jener Hinsicht wir häufig nur dann feststellen können, wenn wir sie, die Massengesteine, in Verbindung bringen mit den geschichteten Gesteinen. Die Schiefergesteine aber wurden, als beide Extreme gleichsam verbindend, in die Mitte zwischen dieselben gestellt.

A. Schichtgesteine.

Man hat diese Klasse von Gebirgsarten in verschiedene Gruppen getheilt, in Abschnitte, welche Schichten umfassen, die, obwohl sie zu ihrer Bildung lange Zeiträume erforderten, dennoch eine gewisse Gleichmäßigkeit wahrnehmen lassen, hinsichtlich der Zeit ihrer Entstehung, ihres Gestein-Charakters, ihrer fossilen Einschlüsse und ihrem Verhalten zu den Massengesteinen. Es wurde schon erwähnt, daß die geschichteten Gebirgsarten in ihrem mineralogischen Charakter sehr einfach seien; Quarzkörner, Thon und Kalk bilden im allgemeinen die Grundlage derselben, durch deren Mengung Sandsteine, Schiefer, Mergel u. s. w. entstanden; die in stetem Wechsel mit einander auf einen und denselben Bildungs-Gang hinweisen, der vom Anfang der Entstehung der Sedimentgesteine bis jetzt sich verfolgen läßt. Das eigentliche Material zur Bildung der letzteren wurde durch die Verwitterung der krystallinischen Massengesteine geliefert, besonders zu den ersten oder ältesten geschichteten Gebirgsarten, woraus denn auch wohl ihre größere Gleichförmigkeit zu erklären sein dürfte. Später nehmen die schon vorhandenen Sediment-Gesteine, da sie ebenfalls jenen Einflüssen der Verwitterung ausgesetzt waren, an der Bildung neuerer ebenfalls Theil, und deßwegen sehen wir denn auch bei diesen die Manichfaltigkeit der Gesteine

zunehmen. Dieser ruhige Vorgang der Bildung von Niederschlägen wurde jedoch häufig gestört; Durchbrüche von plutonischen und vulkanischen Massen hatten von Zeit zu Zeit statt, welche um so größere Umwälzungen auf der Erdoberfläche und Störungen in der Bevölkerung der letzteren bewirkten, je mächtiger sie selbst und je stärker die Erschütterungen waren, welche deren Emporsteigen begleiteten. Man sieht den Zeitraum der Ruhe zwischen zwei solchen Erdrevolutionen als besondere Abschnitte der Schöpfungsgeschichte an, sie zur Eintheilung der Schichtgesteine in Gruppen benützend. Allein, wie schon früher bemerkt wurde, solche Hauptabschnitte in der Bildung und Entwicklung unserer Erde, die zugleich über die ganze Oberfläche derselben verbreitet waren, gibt es wahrscheinlich gar nicht, denn obwohl ein fortdauernder Wechsel von Ruhe und Unruhe, von Bildung und Zerstörung, von Leben und Untergang des Lebenden nicht zu verkennen ist, so dürfte doch mehr ein gleichmäßiger Fortgang in jener Hinsicht angenommen werden müssen. Die Unterbrechungen desselben waren nur auf mehr oder weniger ausgedehnten Strecken großartiger, und erscheinen daher die Unterschiede an einigen Orten bedeutender als an anderen; es konnte deßwegen auch dort die vorhandene Pflanzen- und Thierwelt gestört werden, untergehen, während sie hier mehr ungestört blieb. Hieraus erklärt sich denn auch das theilweise Fortbestehen derselben, und der Uebergang aus einer Periode in die andere, trotz der Umwälzungen. Jedoch scheinen letztere in den ältesten Zeiten ausgebreiteter gewesen zu sein, während sie später, indem die Ursachen an Intensität also auch die Wirkungen an Ausdehnung verloren, mehr und mehr einen lokalen Charakter annahmen.

Die geognostische Eintheilung der Gebirgsarten, welche Werner aufgestellt hatte, war lange Zeit diejenige, welche allgemein befolgt wurde, so daß die darauf bezüglichen Benennungen der Gesteine nicht selten jetzt noch gebraucht werden. Werner stellte die geschichteten mit den ungeschichteten Felsmassen zusammen, schrieb auch letzteren Schichtung zu, und brachte alle unter folgende Abtheilungen: Ur-, Uebergangs- und Flötzgebirge, aufgeschwemmtes Land und vulkanische Gebirge. Da nach ihm die Bildung aller Gesteine im Wasser vor sich gegangen, und dieser Prozeß theils chemischer, theils mechanischer Natur war, so wurden diejenigen, bei deren Entstehen chemische Thätigkeit herrschte, dem Urgebirge, die aber, welche auf mechanischem Wege durch die Zerstörung älterer Gesteine entstanden waren, dem Flötzgebirge beigezählt. Es fanden sich jedoch gewisse Glieder in diesen beiden Abtheilungen so miteinander verbunden, daß sie nicht gut getrennt werden konnten, diese wurden von jenen getrennt und unter der Benennung Uebergangsgebirge zwischen beide gestellt, gleichsam den Uebergang derselben vermittelnd, da hier die Bildung theils chemisch, theils mechanisch war. Zu dem aufgeschwemmten Lande wurden alle losen Gesteinmassen über der Kreide gerechnet. Den vulkanischen Gebilden ward nur eine sehr geringe Bedeutung beigelegt, indem die Vulkane selbst mehr lokale Erscheinungen sein sollten. Nach dieser Ordnung konnte dann ein und dasselbe Gestein in verschiedenen Abtheilungen vorkommen, es gab einen Ur- und Uebergangs-Granit, einen Ur-, Uebergangs- und Flötz-Trapp u. s. w., Unterscheidungen die dadurch hervorgerufen wurden, daß man die Folgerungen, welche aus der Schichtung gezogen werden, auf Massen anwendete, denen diese fremd ist. — Später wurden von Cuvier und Al. Brongniart zwischen die Flötzgebilde und das aufgeschwemmte Land die sogenannten tertiären Gesteine eingereiht. Auch stellten diese zuerst den Unterschied zwischen Meeres- und Süßwasser-Bildungen fest.

Wir wollen nun die Reihenfolge der geschichteten Gebirgsarten näher betrachten, indem wir bei den ältesten, untersten, anfangen und bei den jüngsten,

obersten, enden, ein Gang, der uns der einzige richtige zu sein scheint, indem er durchaus dem der Entwickelung unserer Erde entspricht. Die Abschnitte oder Gruppen, in welche wir dieselben bringen, sind folgende:

I. Gruppe: Grauwacke-Gebilde.
II. „ Steinkohlen-Gebilde.
III. „ Kupferschiefer-Gebilde.
IV. „ Trias-Gebilde.
V. „ Jura- oder Oolith-Gebilde.
VI. „ Kreide-Gebilde.
VII. „ Tertiär-Gebilde.
VIII. „ Diluvial-Gebilde.
IX. „ Alluvial-Gebilde.

I. Gruppe. Grauwacke-Gebilde.

Die Glieder der neptunischen Niederschläge dieser Gruppe, zu Werner's Uebergangszeit gehörig, bestehen hauptsächlich aus thonigen und sandsteinartigen Gesteinen, welche mit Lagen von dichten Kalksteinen verbunden sind, und sich nicht selten von bedeutender Erstreckung und Mächtigkeit zeigen. Die thonigen, dünnschieferigen, oft sehr harten Gesteine, die Thonschiefer, welche sich durch die Gleichförmigkeit und Feinheit in ihrer Masse, durch den Mangel an sandigen Theilen, sowie durch die Regelmäßigkeit ihrer Schichtung auszeichnen, lassen auf eine ruhige und langsam fortschreitende Bildung schließen. Sie nehmen in der Regel die untersten Lagen ein, und schließen sich durch ein undeutliches krystallinisches Gefüge oder durch vorwaltenden Glimmer- oder Talkgehalt dem Glimmer- und Talkschiefer, auch dem Chloritschiefer an, während sie auf der andern Seite durch erdige Konsistenz und Aufnahme von Kohlenstoff, Zeichnenschiefer, oder durch Einfluß organischer Reste sowie durch Wechsellagerung mit den Gliedern dieser Gruppe verbunden erscheinen. Deutliche Merkmale mechanischer Entstehung tragen die sandsteinartigen Lagen, die Grauwacken; sie sind besonders durch ein thonschieferartiges Bindemittel ausgezeichnet, welches nicht selten so vorherrscht, daß sie schieferig, zu Grauwackenschiefer werden; auch Konglomerate finden sich, obwohl im Ganzen seltener. Einlagerungen von Kiesel-, Quarz- und Alaunschiefer, von Anthrazit und Kalken, welche letztere in den untersten Lagen zuweilen körnig sind, kommen häufig vor.

Man hat in England die Glieder dieser Gruppe in drei Abtheilungen gebracht, und diesen die Namen kambrisches, silurisches und devonisches System beigelegt. Die Bemühungen der Geologen aber, die Reihenfolge dieser Formationen auch in anderen Ländern aufzufinden oder die Parallel-Schichten nachzuweisen, ist nicht überall gelungen, indem namentlich die Glieder der beiden ersten Systeme in ihren Gesteins-Charakteren und den organischen Einschlüssen so übereinstimmen, daß sie nicht leicht ohne abweichende Lagerungs-Verhältnisse von einander unterschieden werden können; ja die Selbstständigkeit des kambrischen Systems wurde in neuerer Zeit selbst in England zweifelhaft; denn der Mangel an organischen Ueberresten, oder auch nur das Vorkommen einer geringeren Anzahl in jenem, bleibt immer ein negatives Kennzeichen, obwohl es im Gange der Entwickelung unserer Erde liegen mag, daß erst nach der Bildung der untersten Schichtgesteine organische Körper entstanden sein dürften und diese sich nach und nach mehrten. Am natürlichsten scheint die Eintheilung dieser Gruppe in zwei Hälften zu sein, welche man die untere und obere Grau-

wacke-Formation nennen könnte, und von denen die erstere das kambrische und silurische System, die letztere aber das devonische System umfaßte.

Was die fossilen Ueberreste dieser Gruppe im Allgemeinen betrifft, so findet man Pflanzen selten, und meist nur Abdrücke von baumartigen Farren und palmähnlichen Gewächsen, die viel Aehnlichkeit mit der Vegetation der Kohlen-Gruppe besitzen, wahrscheinlich mit derselben übereinstimmen. Die Thiere sind besonders durch Zoophyten, Krinoideen, Mollusken, Trilobiten und Fische vertreten. Mehrere kommen nur in den Gesteinen dieser oder höchstens noch in dem ältesten der nächsten Gruppe vor.

Thonschiefer von verschiedener Festigkeit und Farbe, thonig, talkig, manchmal auch von Kieselmasse durchdrungen, sogenannte Wetzschiefer, oder auch reich an Glimmer, Grauwackeschiefer mit thonigem Bindemittel, und feinkörnige Grauwacke-Sandsteine, welche häufig von Quarzadern durchzogen sind und nicht selten in Quarz-Sandstein und -Schiefer übergehen, bilden die Hauptgesteine der unteren Abtheilung dieser Gruppe oder der unteren Grauwacke, für welche man auch die Benennung „silurisches System" gebrauchen könnte. Die Schiefer zeigen manchmal die Erscheinung, daß ihre Schieferungsflächen nicht mit der Schichtung zusammenfallen, sondern dieselbe unter einem schiefen Winkel durchschneiden, wodurch die Bestimmung derselben oft sehr erschwert und häufig erst dann möglich wird, wenn Zwischenlager anderer Mineralmassen in den Schiefern vorkommen. Kalke finden sich im Ganzen selten, besonders in den unteren Lagen, und sind dann meist unrein, zuweilen schwarz gefärbt, erdpechhaltig, nach oben aber nehmen sie mehr zu, sind gewöhnlich graulich von Farbe, und häufig durch die Menge von organischen Einschlüssen ausgezeichnet. Alle diese Gesteine kommen in mehrfachem Wechsel ohne bestimmte Reihenfolge mit einander vor. Ihre Mächtigkeit ist sehr bedeutend und ihre Schichten sind fast überall steil aufgerichtet, ja an einigen Orten selbst überstürzt.

Die untersten Schichten sind ohne organische Reste, später erst treten einige Polyparien, hauptsächlich aber Brachiopoden und Trilobiten, auf. Nach oben mehrt sich die Zahl der Organismen, und wir finden deren besonders von Polyparien: Aulopora-, Stromatopora- (St. concentrica) und viele Calamopora-Arten (C. gothlandica); ferner Graptholitus, Catenipora laberinthica, viele Siringoporen (S. bifurcata) und Cyathophyllen. Von Echinodermen kommen beinahe nur Krinoideen vor, wie unter anderen Cyathocrinus (C. tuberculatus, pysiformis etc.), Dimerocrinus (D. isodactylus), Echinocrinites u. s. w. Unter den Mollusken sind besonders die Brachiopoden sehr zahlreich vertreten; Siphonotreta, Gypidia (G. conchydium) gehören ganz, Pentamerus (P. laevis, galeata etc.), Orthis (O. semiradiata, flabellulum etc.), Leptaena (L. transversalis, lata etc.) vorzugsweise hieher; ferner Lingula (L. attenuata), Terebratula (T. Wilsoni, cuneata, plicatella, sphaerica etc.), Atrypa (A. curvata, aspera), Trigonotreta (T. testudinaria), Cyrtia (C. trapezoidalis). — Außerdem sind von zweischaligen Muscheln bezeichnet: Pterinea truncata, Avicula obsolata, Nucula prisca, Cypricardia impressa; von einschaligen: Melania prisca, Nerita spirata, Pleurotomaria undulata, Euomphalus rugosus, Bellerophon acutus; und aus dem Geschlechte der Cephalopoden: Lituites giganteus, Orthoceras (O. regularis, vaginatus, annulatus etc.), Phragmoceras ventricosum. — Die Krustaceen sind hier beinahe nur durch Trilobiten vertreten, die in vielen Geschlechtern und in großer Menge vorkommen, wie Calymene Blumenbachii, Homalonotus Knightii, Asaphus caudatus, Trinucleus granulatus, Paradoxites Tessinii, Conocephalus Sulzeri, Ellipsocephalus Hoffii, Agnotus pisiformis und viele andere. Nur einige spärlich vorkommende Fischzähne repräsentiren die Wirbelthiere.

Diese Abtheilung der Gruppe ist besonders in England entwickelt, wo sie sich über Westmoreland und den größten Theil von Wallis verbreitet; auch wurde sie hier in mehrere Unterabtheilungen gebracht. In Frankreich tritt sie in der Bretagne und den Pyrenäen auf. Es gehören ferner hieher die Thon- und Grauwackenschiefer und die Grauwacke der Rheingegend von Bingen bis Bonn, die meisten ähnlichen Gesteine der Ardennen, des Hunsrücks und des Taunus, die Grauwacken-Gebilde des südöstlichen Harzes, und der größte Theil der Grauwacke in Böhmen. Sehr entwickelt ist diese Abtheilung im südlichen Skandinavien, wo sie an vielen isolirten Stellen, aus Grauwacke, Thonschiefer, Alaunschiefer und Stinkkalken bestehend, auftritt und auf Gneiß liegt. Von hier ziehen die Schichten derselben über Gothland, Oesel nach Rußland, wo sie auf dem Granit von Finnland liegen, sich längs des Ladoga- und Onegasees durch das Innere des Landes bis zum Ural hin erstrecken und dessen Zug nach Norden bis ans Eismeer folgen. Die Schichten liegen hier meist ganz horizontal und unmittelbar unter dem Diluvium, oder sind von anderen Gesteinen bedeckt; nur am Ural sind sie gehoben und aufgerichtet. Ganz unter ähnlichen Verhältnissen kommt das silurische System in Nordamerika vor, wo es mit meistentheils horizontalen Schichten von den großen Seen bis zu den Rocky-Mountains hin sich erstreckt, sich auch im Staate New-York und im Gebiete des Ohio und Mississippi findet.

Die obere Abtheilung dieser Gruppe, die obere Grauwacke oder das devonische System, besteht hauptsächlich aus Schichten von Sandsteinen, Mergeln und Kalken, mit welchen letzteren auch hie und da Dolomite verbunden sind; selten kommen Schiefer vor. Die Sandsteine in den oberen Lagen gehen zuweilen in Konglomerate von großer Mächtigkeit über, und haben häufig eine dunkelbraune oder röthliche Farbe, daher die Benennung old red sandstone, alter rother Sandstein, welche denselben in England gegeben wurde.

Auch diese Abtheilung enthält von Pflanzen-Resten nur sehr weniges, was sich auf einige niedrige Geschlechter beschränkt; dagegen ist sie sehr reich an thierischen Einschlüssen. Von Polyparien sind vorzüglich zu bemerken: Stomatopora serpens, Stromatopora concentrica, Calamopora polymorpha und viele Cyathophyllen-Arten (C. spongites, caespitosum, ceratites etc.). Die Echinodermen sind auch hier fast ausschließlich von Crinoideen vertreten: Eugeniacrinites mespiliformis, Cupressocrinus crassus, Platycrinus decagonus, Cyathocrinus pinnatus, rugosus etc., Actinocrinus, Melocrinus, Rhodocrinus u. s. w. Unter den Mollusken sind auch hier die Brachiopoden sehr zahlreich und in manichfaltigen Formen vorhanden, wie Terebratula ferita, concentrica, reticularis, parallelepipeda etc., Atrypa decussata, Spirifer speciosus, Verneuilli, aperturatus etc., Strygocephalus Burtini, Uncites gryphus, Orthis semiradiata, dilatata etc., Strophomena rugosa und Calceola sandalina. — Ferner von zweischaligen Muscheln: Pterinea laevis, Posidonomya Becheri, Nucula Murchisoni, Pecten transversus, Lunulacardium canalifer, Cardium pectunculoides, Megalodon cucculatus, Lucina antiqua etc. — Von einschaligen Mollusken sind besonders zu bemerken: Natica subcostata, Turbo squamiferus, Pleuromaria delphinuloides, Euomphalus laevis, Schizostoma radiata, Murchisonia coronata und angulata, Macrocheilus arculatus, Bellerophon lineatus, trilobatus und aus dem Geschlechte der Cephalopoden: Nautilus germanus, Goniatites Hoeninghausi, spaericus und viele andere, Cyrthoceras depressus, ornatus etc., Spirula nodosa, Orthoceras tubicinella, regularis etc., Clymenia costulata, undulata etc. — Auch hier sind die Krustaceen meistens nur durch Trilobiten vertreten, obwohl sie schon nicht mehr so zahlreich wie früher vorkommen; zu bemerken sind:

Bronteus flabellifer, Harpes ungula, Phacops latifrons u. s. w. Von Wirbelthieren finden sich nur Fische, und zwar sehr zahlreich und hauptsächlich im alten rothen Sandstein; hierher gehören unter anderen: Dipterus macrolepidotus, Holoptychius nobilissimus und giganteus, Dentrodus biporcatus, Cephalaspis Lyellii, Cocosteus, Pterichthys u. s. w. Viele dieser Fische haben höchst eigenthümliche Formen und die Familie der Coelacanthen hat Arten von riesenhafter Größe aufzuweisen, und alle gehören nur zwei Gruppen an, den Elasmobranchiern und Ganoideen. —

Das devonische System ist besonders in England verbreitet und zwar im südöstlichen Wales durch Devonshire, von welchem es den Namen erhielt, bis zum Thale des Severn, und in Cornwall; es bildet die ganze östliche Hälfte von Hochschottland, im Norden des caledonischen Kanals, die Orkaden und die Shetlandsinseln und tritt im Süden der Grampians-Gebirge auf. Die Gesteine dieses Systems bilden ganz Caithneß, und liegen hier unmittelbar auf Granit, Gneiß und Glimmerschiefer. Mächtige Conglomerate setzen die untersten Schichten zusammen, während die oberen aus rothen Sandsteinen, welche mit bituminösen Schiefern wechseln, bestehen, in denen fossile Fischreste in so großer Menge gefunden werden. In der Bretagne ist es an mehreren Stellen entwickelt und besteht besonders aus Conglomeraten, Sandsteinen, unreinen Kalken und Thonschiefer, in welchen letzteren häufig bedeutende Lagen von Anthraziten vorkommen, weßwegen man auch in Frankreich diese Formation terrain anthraxifère nennt. Im Norden Europas ist dieses System, besonders in Rußland, in bedeutender Ausdehnung entwickelt, indem sich dessen Schichten von Riga und Dorpat aus, längs des Ladoga- und Onega-Sees, bis nach Archangel hin erstrecken; dann im Lande der Petschora im Westen des Timan-Gebirges von Nord nach Süd in großer Erstreckung vorkommen; auch am Ilmensee und im Ural sich finden, und überall meist horizontal liegen. In Nordamerika hat man dieses System im Süden der großen Seen und im Staate New-York beobachtet. Auch sollen seine Gesteine in Brasilien, am Kap und in Ostindien aufgefunden worden sein. In Deutschland und einigen anderen Ländern ist es meist sehr schwierig, die Glieder beider Abtheilungen dieser Gruppe von einander zu trennen. Auch scheint das devonische System in ersterem Lande mehr durch Kalke vertreten zu sein, die nicht selten den Gesteinen der unteren Abtheilung muldenförmig eingelagert sind, wie das bei den Kalksteinen der Eifel der Fall ist. Einstweilen rechnet man noch hierher die westphälischen Kalke, welche vom Rhein her über Elberfeld, Iserlohn bis nach Brilon hinziehen; die von Dillenburg, Weilburg und Villmar in Nassau, welche mit Grauwackenschiefer in Wechsellagerungen auftreten, und die Kalke von Elbersreuth und Schiebelhammer im Fichtelgebirge.

Literatur: A. Sedgwick im London and Edingb. philosophical Magazine. 1838. XIII. pag. 299 u. ff. (Uebersicht der englischen Reihe geschichteter Felsarten unter dem old red Sandstone). Ergänzungen hierzu ibid. 1842. XXI. pag. 141 ff. — A. Sedgwik und R. J. Murchinson ibid. 1839. XIV. pag. 241 u. ff. (Klassifikation der älteren geschichteten Gebirgsarten in Devonshire und Cornwall). — R. J. Murchinson, Silurian System etc. London, 1839. — Ueber die älteren oder paläozoischen Gebilde im Norden von Deutschland und Belgien von Sedgwick und Murchinson, deutsch von G. Leonhard. Stuttgart, 1844. — A. Römer, die Versteinerungen des Harzgebirges. Hannover, 1843. — Fr. Römer, das rheinische Uebergangs-Gebirge. Hannover, 1844.

II. Gruppe. Steinkohlen-Gebilde.

Die Glieder dieser Gruppe bestehen besonders aus Lagen von Kalksteinen, Sandsteinen, Thon und Kohlen, von welchen letzteren jene ihre Benennung er-

hielt, obgleich dieselben nicht so mächtig auftreten, wie die anderen Schichten, dagegen aber eine um so größere Wichtigkeit in vieler Hinsicht besitzen. Man kann zwei wesentlich verschiedene Abtheilungen in dieser Gruppe unterscheiden, die untere, aus vorherrschenden Lagen von dichtem Kalkstein, Kohlenkalk, bestehend, welche sich durch ihre zahlreiche organischen Einschlüsse als eine Meeres-Bildung zu erkennen gibt, und die obere, aus Kohlensandstein, Kohlenschiefer und Steinkohlen zusammengesetzt, die ohne bestimmte Ordnung mit einander wechsellagern, und bei denen die in ihnen vorkommenden organischen Reste nicht selten auf eine Mitwirkung süßer Wasser bei ihrer Entstehung hindeuten. Nicht überall sind die Glieder dieser beiden Abtheilungen vollständig vorhanden, wo die Kohlen-Gebilde gefunden werden; während nemlich z. B. in England und Belgien der Kohlenkalk stets die Unterlage der Gesteine der oberen Abtheilung ausmacht, und mit diesen so innig verbunden ist, daß er von derselben nicht getrennt werden kann, fehlt er in Deutschland und Frankreich sehr häufig, so daß jene entweder auf Gliedern der ersten Gruppe oder auf krystallinischen Schiefer- oder Massen-Gesteinen aufliegen. In der untern Abtheilung bestehen die organischen Einschlüsse zum größten Theil aus thierischen Ueberresten, in der oberen aus pflanzlichen. Letztere sind besonders durch ihren Charakter, ihre Menge und Manigfaltigkeit ausgezeichnet. Viele derselben sind nur auf diese Gruppe beschränkt. Die wirbellosen Thiere, welche in den Kohlengebilden vorkommen, zeigen sich im Allgemeinen denselben Familien und Geschlechtern angehörend, wie in der vorhergehenden Gruppe: Polypen, Echinodermen, Mollusken und Trilobiten treten auf; auch Fische finden sich in Menge.

Der Kohlenkalk, auch Bergkalk genannt, ist ein dichter, gleichartiger, häufig von Kalkspathadern durchzogener Kalkstein, mit meistens grauer Farbe. Jedoch findet man ihn auch schwarz bis graulichweiß, manchmal braun oder auch röthlich gefärbt. Die dunkele Farbe rührt von beigemengtem Bitumen oder auch von kohliger Substanz her. Zuweilen ist er ganz mergelig oder erdig, oder er nimmt oolitische Struktur an. An einigen Orten ist er frei von organischen Einschlüssen, während er an anderen ganz von solchen gebildet erscheint, wie z. B. aus Stücken von Crinoideen, weßwegen er auch den Namen Enkrinitenkalk erhalten hat. Ebenso wird er in einigen Theilen von England, namentlich in Durham, Cumberland ꝛc., wo er sehr viele Bleierzgänge enthält, erzführender Kalkstein (metalliferous limestone) genannt. Schwarze Kiesel-Nieren, Chert, dem Feuerstein ähnlich, sind ihm nicht selten beigemengt. Er ist gewöhnlich deutlich und zwar mächtig geschichtet. Selten wechsellagert der Kohlenkalk nach oben mit Conglomeraten, oder mit Sandsteinen und Kohlenschiefer und führt dann zuweilen auch bauwürdige Kohlenflötze; selbst Alaunschiefer-Lagen werden manchmal in ihm getroffen.

Was nun die organischen Einschlüsse betrifft, so sind die Pflanzenreste, welche der Kohlenkalk zuweilen in den oberen Lagen, oder auch in mergeligen Schichten, wiewohl selten, führt, denen der oberen Abtheilung dieser Gruppe durchaus ähnlich, während sich die Thierreste denen der vorigen Gruppe im Allgemeinen anschließen. Polyparien kommen zahlreich vor, unter anderen: Fusulina cylindrica, Syringopora ramulosa und andere Arten, Caryophyllia stellaris, Cyathophyllum excentricum und noch viele andere Arten. — Die Echinodermen sind auch hier beinahe nur durch Crinoideen vertreten, wie: Poteriocrinus tenuis, Platycrinus laevis, Cyathocrinus planus, Actinocrinus polydactilus, Pentatermatites ovalis etc. — Unter den Mollusken herrschen die Brachiopoden vor, besonders Terebrateln, Spiriferen und Producten, von welchen letzteren die meisten Arten hier vorkommen. Terebratula pleurodon, am-

bigua, pugnus, sacculus etc., Spirifer striatus, glaber, octoplicatus etc., Productus antiquatus, Martini, haemisphaericus, conoidas etc. sind sehr bezeichnend. Von den übrigen Weichthieren bemerken wir noch: Conocardium elongatum, Bellerophon hiulcus, Euomphalus Dionysii, pentangulus, Schizostoma catillus, Pleurotomaria conica, Nautilus tuberculatus und globatus, Orthoceras cinctum, undulatum, Goniatites crenistria, reticulatus. Die Trilobiten sind hier nur noch durch die Geschlechter Phillipsia (P. granulifera), Griffithides und Cyclus vertreten und gehen später ganz unter. — Von Wirbelthieren sind auch hier beinahe nur Fische vorhanden, besonders finden sich häufig, wie in der älteren Gruppe, Ichthyodorulithen, Rückenfloßstacheln, und zwar von haifischartigen Knorbelfischen. Es sind zu bemerken: Orodus cinctus, Chomatodus cinctus, Psammodus rugosus, Cochliodus contortus, Cladotus marginatus, Tristychius arcuatus, Onchus hamatus u. s. w.

Der Kohlenkalk ist besonders in England und Irland sehr verbreitet, tritt hier nicht selten in großer Mächtigkeit und ohne Ueberlagerung auf, und hat durch die Formen seiner Berge den Namen Bergkalk (Mountain limestone) erhalten. Häufig bildet er die Unterlage der oberen Abtheilung dieser Gruppe. Dann kommt er vor bei Boulogne in Frankreich, in Belgien von Namur bis Vise, bei Aachen und im nördlichen Theile des westphälischen Schiefergebirges, in Schlesien, Polen, in Nordamerika, namentlich Davidson County in Tennesee. Nach Murchinson herrscht im nördlichen und mittleren Rußland der untere Theil der Kohlengebilde vor, besonders im Waldai-Gebirge, in der Gegend von Moskau und an der Wolga.

Die Glieder der oberen Abtheilung dieser Gruppe lassen sich nicht gut getrennt von einander betrachten, da ihre Stellung keine fest bestimmte ist, sie vielmehr, wie schon bemerkt, in häufigem Wechsel miteinander vorkommen. Jedoch macht der Kohlensandstein häufig die untersten Lagen aus, oder er herrscht überhaupt vor, und die anderen Schichten sind ihm mehr untergeordnet. Er ist theils grobkörnig, theils feinkörnig, mit thonigem, kohlenschieferartigem Bindemittel, daher meist die graue Farbe vorherrschend, doch zeigt er sich auch bräunlich, schwärzlich bis weiß in verschiedenen Nuancen, selbst röthlich gefärbt. Manche Lagen sind sehr glimmerreich, andere bestehen aus Conglomeraten. Die unteren Schichten dieses Sandsteines sind in manchen Gegenden, namentlich am Tyne-Fluß in England, so wie in Westphalen sehr mächtig und werden dort unter dem Namen Millstonegrit, hier unter der Benennung flötzleerer Sandstein, als eine besondere Bildung zwischen dem Kohlenkalke und dem eigentlichen Kohlengebirge angesehen. In England ist dieser Sandstein größtentheils grobkörnig, manchmal conglomeratartig, und umschließt Lagen von Schieferthon und Kalksteinen, so wie Kohlenschichten von schlechter Beschaffenheit. Im pfälzer Kohlenbecken dagegen, das sich von Saarbrücken bis gegen Kreuznach hin zieht, bedeckt ein röthlicher Kohlensandstein noch in großer Mächtigkeit das oberste Kohlenflötz, und enthält ganze Lagen von Nieren thonigen Sphärosiderits, welche Fische, Amblypterus macropterus, Acanthodes Bronni, und dieselben Farrenkräuter umschließen, wie sie sich in den unteren Kohlenschieferschichten zwischen den Kohlenlagern finden. Wie denn überhaupt die Pflanzenreste, welche man im Allgemeinen im Kohlensandstein trifft, mit denen der Kohlenschiefer übereinstimmen, jedoch sind es meistens Stämme, seltener zartere Pflanzentheile, die hier gefunden werden. Bemerkenswerth sind die aufrecht stehenden Stämme, besonders von Sigillarien, welche man an vielen Orten getroffen hat.

Die Steinkohlen selbst bilden Lagen, die in der Regel an Mächtigkeit der des Kohlensandsteins und des Kohlenschiefers nachstehen; es ist hauptsächlich

die Schiefer- oder Blätterkohle, seltener die Kännelkohle oder Rußkohle, welche die Hauptmasse derselben ausmacht; Gagat, Grobkohle und Faserkohle finden sich nur stellenweise; letztere theilt die Schieferkohle bald in zarte Streifen, bald in mehrzöllige Schichten. Die Steinkohlen setzen regelmäßige Lager zusammen, deren Mächtigkeit von einigen Zollen bis zu 20 und mehr Fuß steigt. Die meisten sind unter 3 Fuß stark. Jedoch kommen z. B. in Oberschlesien Kohlenlager von 9 bis 12', selbst bis 36', in Staffordshire sogar von 30 bis 45' Mächtigkeit vor, und in anderen Orten hat man deren von noch größerer Stärke gefunden. Ueber den pflanzlichen Ursprung der Kohlen herrscht jetzt kein Zweifel mehr, obwohl der Charakter der Pflanzen durch den eigenthümlichen Prozeß, welchen die Vegetabilien im Laufe der Zeit erlitten haben, mehr oder weniger verwischt erscheint. Jedoch hat man nicht nur durch das Mikroskop trotz aller Veränderungen die zellige Struktur der Pflanzengewebe bei den Steinkohlen nachgewiesen, sondern Göppert fand auch in den Kohlenlagern von Schlesien, Saarbrücken, Aachen u. a. O. die Pflanzenstruktur noch so gut erhalten, daß er Sigillarien, Stigmarien, Calamiten, Lykopodiaceen ꝛc. mit unbewaffnetem Auge unterscheiden konnte. Die zarteren Theile dieser und anderer Pflanzen aber wurden uns im Kohlenschiefer aufbewahrt, Theile, die man schon längst für Reste derjenigen Pflanzen ansah, welche besonders das Material zur Bildung der Kohlen abgegeben haben. Häufig schließen die Steinkohlen Eisenkies oder Strahlkies ein.

Das dritte Hauptglied der oberen Abtheilung dieser Gruppe ist der Kohlenschiefer, ein unreiner, zäher Thon mit schieferigem Gefüge, von vorherrschend grauer Farbe, die zuweilen ins Braune und Schwarze übergeht, und zwar letzteres um so mehr, je näher er den Kohlenlagen sich befindet; auch gelblich und weißlich zeigt er sich gefärbt. Nicht selten schließt er Glimmer-Blättchen ein; manchmal ist er so mit kohligen Theilchen gemengt, daß er brennbar wird, Brandschiefer. Er ist oft sehr mächtig, und seine Schichtung deutlich. Hie und da umschließt er Lagen von thonigem Sphärosiderit. Er ist besonders ausgezeichnet durch die Menge von Pflanzen-Ueberresten, die sich fast überall, wo er vorkommt, in ihm finden. Diese vorweltliche Flora besteht hauptsächlich aus kryptogamischen Gefäßpflanzen und Monokotyledonen, welche einen durchaus tropischen Charakter besitzen. Es gehören als besonders bezeichnend hierher unter den Equisetaceen fast alle Calamiten (C. Suckowii) von den Asterophylliten sind die Genera: Asterophyllites, Volkmannia, Sphenophyllum, Annularia (A. longifolia, fertilis etc.), Conularia, ganz dieser Gruppe eigen; von Farren kommen fast die meisten Arten folgender Geschlechter hier vor: Caulopteris, Sphenopteris (S. elegans, Höninghausi etc.), Neuropteris (N. tenuifolia), Odontopteris (O. minor, Schlotheimi etc.), Cyclopteris, Pecopteris (P. aquilina, arborescens, gigantea etc.), ferner finden sich: Noeggerathia, Aletopteris u. s. w. — Bezeichnend sind noch: Stigmaria (St. ficoides); Sigillaria (S. elegans, hexagona, sulcata etc.); unter den Lycopodiaceen: Lycopodites (L. pinnatus), Lepidodendron (L. aculeatum, elegans etc.), Sagenaria, Lepidophyllum etc., unter den Palmen: Trigonocarpum, den Cannaceen: Musocarpum, den Coniferen: Araucarites. — Dikotyledonen sollen nirgends vorkommen. Thierreste finden sich in dem Kohlenschiefer nur sehr wenige.

Auf die Art des Vorkommens und auf das vollständige Auftreten der Kohlengebilde hat man die Eintheilung derselben in zwei verschiedene Ablagerungen gegründet. Diejenigen Steinkohlenbecken, welche sich durch die Entwickelung des Kohlenkalkes auszeichnen, und die man längs den seichten Ufern

der alten Meere gebildet annimmt, unterscheidet man von denen, bei welchen der Kohlenkalk fehlt, und deren Ablagerung in Buchten und Baien oder selbst in Seen stattgefunden haben soll; zu den ersteren werden besonders die Kohlengebilde in England und Belgien, zu den letztern die in Deutschland, Frankreich u. a. gerechnet. Diese werden häufig muldenförmig vorkommend beschrieben, und diese Erscheinung als eine Folge jener Bildung angesehen; allein es ist noch sehr die Frage, ob dieselbe gerade dem Absatze der Kohlen-Formation in Mulden und Vertiefungen zugeschrieben werden müsse und nicht vielmehr der Emporhebung der Gebirge: denn es mußten offenbar die Schichten Mulden bilden, welche zwischen zwei emporsteigenden Bergen lagen, wenn die Entfernung beider von einander nicht zu groß war.

Die Verbreitung der Kohlengebilde auf unserer Erde ist sehr bedeutend, und die Wichtigkeit, welche die Steinkohlen durch ihre gesteigerte Anwendung erlangt haben, wird die Zahl der bekannten Ablagerungen gewiß noch sehr vermehren. England ist sehr reich an Kohlen, eines der bedeutendsten Becken der Art ist das in Cärmarthenshire im Süden von Wales; ferner kommen solche vor in Derbyshire, Yorkshire, Lancashire, Shropshire &c.; in Schottland, in Belgien bei Lüttich, Namur, Charleroi und Valenciennes; in Frankreich bei St. Etienne und Rive de Gier, Autin, Aubin, Alais &c.; in Deutschland bei Aachen, Saarbrücken, an der Ruhr, Zwickau in Sachsen, Wetin unfern Halle, Waldenburg in Schlesien; in Böhmen; Spanien; Rußland; Nordamerika u. s. w.

In der oberen Abtheilung dieser Gruppe muß vor allem die ungeheure Menge von Brennmaterial, welches in den Kohlenschichten enthalten ist, unser Erstaunen erregen, und wir werden unwillkührlich zu der Frage nach der Entstehung dieser Kohlenmassen gedrängt. Denn nicht nur finden wir die Kohlenlagen, wie schon oben bemerkt, bis zu einer Mächtigkeit von 45 Fuß, ja sogar zu Johnston in Schottland bis zu 50 Fuß ansteigen, sondern es kommen dieselben auch in vielfachem Wechsel mit Sandstein und Schiefer in allen Kohlengebirgen vor. So hat man z. B. im Saarbrück'schen gegen 120 verschiedene Kohlenlagen gezählt, ohne die, welche unter einem Fuß Mächtigkeit besitzen. Und obgleich genaue Untersuchungen jeden Zweifel über die Abstammung der Kohlen von Pflanzen entfernten, ja selbst die Erhaltung der zartesten Theilchen derselben in den Kohlenschiefern, und die aufrecht stehenden Baumstämme, welche beinahe in allen Kohlengruben getroffen wurden, darauf hinweist, daß jene an denselben Orten sich ausbildeten, an denen wir jetzt die Kohlen treffen, so ist doch die Menge der angehäuften Vegetabilien höchst merkwürdig, und der Prozeß, dem dieselben bei ihrer Veränderung zu Kohle ausgesetzt waren, noch durchaus nicht vollständig aufgeklärt. Wir können diesen, wie schon oben bemerkt wurde, im Allgemeinen nur dadurch bezeichnen, daß er in einer Reduktion der Vegetabilien auf ihren Kohlenstoff besteht. Dies stellt sich besonders deutlich heraus, wenn man die fossilen Pflanzen-Ablagerungen von den jüngeren bis zu den ältesten Schichtgesteinen betrachtet, von den Braunkohlen bis zu den Schwarzkohlen, und von diesen bis zum Anthrazit, dem reinen Kohlenstoff, welche einen steten Uebergang in jener Beziehung zeigen. Eine Vergleichung des Kohlenstoff-Gehalts der Braun- und Schwarzkohlen, sowohl gegenseitig als jeder Art unter sich, bestätigt dies noch mehr; denn bei jenen schwankt derselbe zwischen 55 und 76, bei diesen zwischen 73 und 97 Prozent. Höheres Alter der Kohlenlagen dürfte hier wie dort dieses Schwanken, oder vielmehr den größeren Kohlenstoff-Gehalt bedingen. Auch mögen lokale Verhältnisse auf den Verkohlungs-Prozeß nicht ohne Einfluß gewesen sein. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß der beträchtliche Druck, dem die Vegetabilien durch die

aufliegenden Gesteine ausgesetzt waren, denselben beförderte; da aber jener erst später stattfinden konnte, nachdem die Pflanzenreste sich angehäuft hatten, was bei der großen Mächtigkeit vieler Lagen sehr lange Zeit gedauert haben muß, so kann dieser Prozeß nur durch besondere Umstände eingeleitet worden sein. Dazu kommt, daß die Flora der Kohlenzeit vorzugsweise aus kryptogamischen Gefäßpflanzen bestand, die im Ganzen nur wenig Holzfaser und hauptsächlich ein weiches Zellgewebe besaßen, und es daher um so größerer Anhäufungen von solchen bedurfte, um Kohlenlagen zu bilden. Zwar scheinen die Bedingungen des Wachsthumes zu jener Zeit in bei weitem höherem Grade geboten gewesen zu sein, wie jetzt, indem eine feuchte und kohlensäurereiche Atmosphäre und eine Temperatur, welche die unserer tropischen niederen Südsee-Inseln, deren Vegetation jener vorweltlichen noch am nächsten steht, wohl bei weitem übertraf, die Farren baumartige Formen erreichen, die Sigillarien bis zu 50 Fuß, die Lepidodendren sogar bis zu 70 Fuß in die Höhe steigen ließ; aber dennoch dürfte dies alles nicht ausreichen, um jene mächtige Anhäufungen von Brennstoff zu erklären. Man hat daher auch die Ansicht aufgestellt, die Anhäufungen von Vegetabilien, welche in Buchten und Baien stattgefunden, hätten in dem Absatz von Treibholz, welches aus fernen Gegenden gekommen sein soll, ihren Grund, und stützt sich dabei auf die Erscheinungen, welche wir heut zu Tage noch in manchen Ländern, wie z. B. in Amerika sehen, wo die größeren Flüsse, wie der Mississippi, die durch weite Strecken von Urwäldern strömen, Holz mit fortreißen und in das Meer führen, dessen Strömungen dasselbe dann weiter flößen und an den Küsten entfernter Länder absetzen. Eine Annahme, auf deren Unwahrscheinlichkeit jedoch von vielen Seiten hingewiesen wurde.

Eine Erklärung der in Frage stehenden Erscheinungen hat Göppert versucht. Nachdem er, wie wir oben gesehen, dargethan, daß in den Steinkohlen die Pflanzenreste noch deutlich erkannt und unterschieden werden können, wies er nach, daß die Stämme von Kalamiten, Nöggerathien, Sigillarien und Lycopodiaceen breitgequetscht aufeinander liegen, und daß die Faserkohle, die sogenannte mineralische Holzkohle, zuweilen auch in fußlangen, ebenfalls breitgedrückten Stämmen vorkäme, welche die Struktur jetztweltlicher Araucarien zeigten. Die Kohlen sollen sich nun ganz einfach so gebildet haben, indem die weicheres Parenchym enthaltenden Sigillarien, Stigmarien und Lycopodiaceen sich auflösten und zerfielen, während, als diesem Zersetzungs-Prozeß durch Bedeckung ein Ende und so überhaupt Kohlen-Bildung möglich gemacht wurde, die viel härteren und mithin nicht in gleichem Grade in der Zersetzung vorgeschrittenen Araucarien in einzelnen Stücken mit zur Masse gezogen wurden. Wenn nun gleich besonders die Art des Erhaltenseins der fossilen Pflanzen und das meilenweite Anhalten vieler Kohlenflötze in gleicher Stärke für ruhige Ablagerungen an Ort und Stelle sprächen, so zeigten doch andererseits Berechnungen, daß, um so bedeutende Kohlenflötze zu bilden, wie sie doch häufig vorkommen, die Pflanzen, wenn sie auch in der üppigsten Entwickelung auf einer solchen Fläche gewachsen wären, nicht hätten ausreichen können, und es müßte daher ein sehr großer Theil unsrer Steinkohlen-Lager, wie die Torfmoore der Jetztwelt, im Laufe einer kürzeren oder längeren Zeit, und zwar gewiß auf nassem Wege sich gebildet haben, wofür das Experiment mit Entschiedenheit spräche. Wenn man nemlich Vegetabilien längere Zeit, ein Viertel- bis ein Jahr und darüber, in kochendem Wasser erhalte, würden sie in Braunkohlen verwandelt, und sie erlangten selbst endlich eine ganz schwarze steinkohlenartige Beschaffenheit, wenn man eine äußerst geringe Menge, etwa auf 6 Unzen Pflanzen, eine halbe Drachme schwefelsaures Eisen zusetze; es sei daher nicht zu

läugnen, daß das letztere einen großen Antheil an der Kohlenbildung selbst genommen habe, worauf auch schon das häufige Vorkommen des Eisenkieses in den Steinkohlen deute. — G. Bischof dagegen sagt: alles weist darauf hin, daß die Bildung der Steinkohlen aus organischen Ueberresten ein außerordentlich langsam fortschreitender Prozeß ist, der unter Umständen erfolgte, welche wir nicht nachahmen können.

Was nun den öfteren Wechsel der Glieder der oberen Abtheilung der Kohlengebilde betrifft, so scheint dieser besonders in Senkungen des Bodens seinen Grund zu haben. Eine Vegetationsdecke sank unter den Meeresspiegel und wurde nun von sandigen oder thonigen Massen bedeckt, was so lange fortdauerte, bis wieder eine neue Vegetation auf deren Oberfläche zu entstehen vermochte, welcher Vorgang sich öfter wiederholen konnte. Daß aber später großartige Störungen durch emporgestiegene plutonische und vulkanische Massen in den Kohlen-Gebirgen bewirkt wurden, das beweisen die häufig vorkommenden Verwerfungen, Senkungen und Hebungen in demselben. So hat z. B. der sogenannte Cleveland Basaltgang, welchen man in Durham und Yorkshire 70 Meilen weit verfolgt hat, in seinem Hangenden Senkungen von 90 Lachter in dem Kohlengebirge verursacht.

Litteratur. Karsten in seinem Archiv für Bergbau &c. Bd XII, S. 242 u. ff. — v. Gutbier, geognostische Beschreibung des zwickauer Schwarzkohlen-Gebirges. Zwickau, 1834. — Zippe, die Steinkohlen, ihr Werth und ihre Verbreitung in Böhmen. Prag, 1842. — E. F. Germar, die Versteinerungen des Steinkohlen-Gebirges von Wettin und Löbejün im Saalkreise. Halle, 1844. — Göppert, im Jahrb. f. Mineralogie. 1847. S. 109 u. ff.

III. Gruppe. Kupferschiefer-Gebilde.

Die Benennung dieser Gruppe, die sehr verschiedenartig zusammengesetzt ist, entlehnen wir von einem Gestein, dem Kupferschiefer, das zwar nur sehr gering mächtig vorkommt, aber durch die große Gleichförmigkeit, mit welcher seine Schichten über weite Flächen verbreitet erscheinen, durch den Gehalt an Kupfererzen und die vielen Fischreste, die sie einschließen, ausgezeichnet ist. — Man kann die Glieder dieser Gruppe in zwei Abtheilungen bringen, in eine untere, welche aus Conglomeraten, Sandsteinen, Mergelschiefern und Kalksteinen besteht, und in eine obere, die aus Dolomiten, Mergelerde oder Asche, Stinkkalken und Gypsen zusammengesetzt ist. Die Gesteine jener Abtheilung liegen meist regelmäßig und deutlich geschichtet übereinander, während dieselben in dieser sehr verschieden mit einander auftreten, auch häufig ein oder das andere Glied fehlt, und die meisten ohne deutliche Schichtung sind. — Die Conglomerate dürften gewaltigen Katastrophen ihr Entstehen zu verdanken haben, worauf die Bruchstücke krystallinischer Gesteine, aus denen sie vorzugsweise bestehen, und das Vorkommen von Bruchstücken großer Baumstämme ohne Blätter und andere feinere Theile hinzudeuten scheinen, indem diese durch die Gewalt, mit welcher die Gebirgsmassen zusammengeführt wurden, zertrümmert werden mußten. Indem wir nun hier bei der Bildung mechanische Thätigkeit entwickelt sehen, scheinen die über den Conglomeraten liegenden Schichten Spuren chemischer Einwirkung zu tragen. — Organische Einschlüsse kommen in der Kupferschiefer-Gruppe im Ganzen nur wenige vor, besonders wenn man sie in dieser Hinsicht mit dem Reichthume der älteren und jüngeren geschichteten Gesteine vergleicht. Während die Pflanzen der unteren Lagen im Allgemeinen der Steinkohlenflora nahe stehen, und nur im Speciellen davon abweichen, treten in den mittleren Schichten hauptsächlich Fucoiden und Coniferen auf. Thierüberreste kommen hauptsächlich in den mittleren Lagen, seltener in den

oberen vor: Polypen und Crinoideen findet man wenige; die Brachiopoden allein treten in größerer Anzahl auf. Von besonderer Bedeutung aber sind die vielen Fische, die man hier trifft, und das erste Reptil, das hier, obwohl sehr vereinzelt, auftritt.

Das unterste Glied der unteren Abtheilung dieser Gruppe ist das Todt-Liegende, ein Gestein, dessen Name daher rührt, daß dasselbe in Thüringen stets die Unterlage des Kupferschiefers bildet, der dort bergmännisch gewonnen wird, also dessen Liegendes ausmacht, aber auch zugleich für den Bergmann in der Regel todt, d. h. nicht erzbringend ist. Es ist theils ein Conglomerat, theils ein mehr oder minder grob- oder feinkörniger Sandstein, der selbst zuweilen schieferig wird. Das Bindemittel ist in allen Fällen entweder ein thoniges, eisenschüssiges, rothes, oder ein thoniges, manchmal etwas kalkiges weißes oder graues, daher man auch rothes, weißes und graues Todt-Liegendes unterscheidet. Conglomerate, zusammengesetzt aus Trümmern und Rollstücken der älteren Felsmassen benachbarter Gegend, Sandsteine und Sandsteinschiefer, auch thoniger feinkörniger Sandstein und Schieferletten kommen in unbestimmter Folge miteinander vor. Jedoch nimmt das rothe Todt-Liegende, das vorzugsweise aus Conglomeraten besteht, in der Regel die unterste, das weiße Todtliegende aber die oberste Stelle ein, so daß nicht selten jenes sich in dieses verläuft, auf welchem letzteren dann gewöhnlich der Kupfer-Schiefer lagert. Daher sind auch die oberen Lagen dieses Gesteins zuweilen, wie der Kupferschiefer, mit verschiedenen Kupfererzen imprägnirt, sogenannte Sanderze. Die Schichtung ist mehr oder minder deutlich; oft wechseln dünne deutlich geschichtete Lagen mit mächtigen Bänken ab. Von organischen Resten finden sich jedoch im Ganzen nur sparsam, meist verkieselte Baumstammtheile, Dendrolithen oder Holzsteine, von Psaronius helmintholithus, Tubicaulis solenites, Medullosa stellata, Calamitea striata u. s. w. Im weißen Todt-Liegenden hat man Theile von Lycopodiolites hexagonus (Huckelheim im Spessart und Haingründau bei Gelnhausen) und Stengel von Calamiten (Naumburg in der Wetterau) gefunden. Das rothe Todt-Liegende ist das vorherrschende und mächtigste Glied dieser Gruppe; es erreicht im nordwestlichen Deutschland eine Stärke von 3—4000 Fuß, und findet sich häufig ohne weitere Bedeckung. Sehr bedeutend entwickelt kommt es am Thüringer Wald vorzüglich bei Eisenach vor, dann am Harze, bei Ilfeld, Kiffhäuser, Ellrich 2c., bei Mannsfeld, Gera, Zwickau, in der Wetterau, am Spessart, im nördlichen und westlichen Odenwald u. s. w. Das weiße Todt-Liegende erreicht seltener eine bedeutende Mächtigkeit und kommt gewöhnlich mit andern Gesteinen dieser Gruppe vor.

Ein schieferiger, mehr oder minder bituminöser Mergel folgt in vielen Fällen unmittelbar auf das weiße Todt-Liegende, und obwohl die Mächtigkeit dieses Schiefers im Ganzen sehr gering ist, so tritt er doch, wenigstens in Deutschland, mit großer Beständigkeit auf. Die unteren Schichten dieses Gesteins, meistens sehr bituminös, und daher dunkel sammet-, graulich- oder bräunlich-schwarz gefärbt, 8 Zoll bis höchstens 3 Fuß mächtig, sind durch den Gehalt an verschiedenen Kupfererzen, besonders Kupferkies, Bunt-Kupfererz und Kupferglanz, seltener Gediegen-Kupfer, Fahlerz oder Malachit, ausgezeichnet, und führen deßwegen den Namen Kupferschiefer, der jedoch auch auf die oberen Mergelschiefer-Lagen ausgedehnt wurde, obwohl diese nur sehr wenig Erze und Bitumen enthalten. Diese sind gewöhnlich dunkelgrau oder graulichbraun gefärbt und meist von geringer Härte. — Von organischen Einschlüssen werden sowohl Pflanzen- wie Thierreste getroffen. Erstere sind besonders durch Fucoiden, letztere durch Fische vertreten. Unter diesen kommt am häufigsten und sehr verbreitet Palaeoniscus

Freierslebeni vor; jedoch gehören noch hierher: Palaeoniscus megacephalus, Janassa angulata, Platysomus rhombus u. s. w. und die ersten Ueberreste eines Reptils: Protosaurus Speneri. — Der Kupferschiefer ist trotz seiner geringen Mächtigkeit sehr verbreitet, besonders kommt er an vielen Orten in Thüringen vor, wo er durch den regen Bergbau, zu welchem sein Kupfergehalt Veranlassung gibt, aufgeschlossen wurde. Auch in Hessen, im Voigtlande, in Westphalen, Ilfeld am Harz, zu Autun in Frankreich, in Nord-Amerika u. s. w. tritt er auf.

Ueber dem Kupferschiefer liegt der Zechstein, ein thoniger Kalkstein von unrein grauer, brauner oder gelblicher Farbe, der zuweilen porös auch oolitisch wird, meist deutlich und dünngeschichtet ist und selten eine Mächtigkeit von 100 Fuß erreicht. Organische Ueberreste finden sich besonders in den unteren mehr thonigen oder mergeligen Lagen, während die dichteren Kalksteine oft ganz frei davon sind. Als besonders bezeichnend können angesehen werden: Gorgonia retiformis, Terebratula Schlotheimi, elongata und sufflata, Spirifer undulatus, Productus aculeatus, welcher hauptsächlich charakteristisch ist, Orthis Laspii u. s. w. — Der Zechstein, der zuweilen in seinen unteren Schichten mit Kupferschiefer wechsellagert, findet sich auch an den meisten Stellen, wo dieser getroffen wird.

Die obere Abtheilung dieser Gruppe ist aus sehr verschiedenartigen Gesteinen zusammengesetzt, die, wie schon früher bemerkt, ohne ganz bestimmt ausgesprochene Reihenfolge übereinander gelagert erscheinen. Zuerst dehnen sich gewöhnlich bis zu 50 Fuß mächtige Dolomit-Lagen, die nur höchst undeutlich oder gar nicht geschichtet sind, über dem Zechstein aus. Dieser Dolomit ist mehr oder weniger krystallinisch, häufig porös und die Wandungen der Poren mit Bitterspath-Rhomboedern bekleidet; diese Poren wachsen manchmal zu kleinen Höhlen an (Höhlenkalk); auf der anderen Seite ist dagegen der Dolomit zuweilen ganz fein blasig, zuckerartig, daher er sich rauh und scharf anfühlt, worauf sich die Benennung Raukalk oder Rauhstein bezieht; auch oolitische Struktur kommt bei demselben vor. Er ist häufig rauchgrau, daher Rauchwacke, braun oder schwärzlich gefärbt. An einigen Orten kommen in diesem Dolomite organische Einschlüsse, so z. B. Gorgonia infundibuliformis bei Glücksbrunn in Thüringen vor, hier finden sich auch Productus und Terebratula sufflata; Axinus obscurus und Avicula antiqua, jedoch nur in Kernen, trifft man nicht selten bei Rückingen unfern Hanau. — In manchen Gegenden ist der Dolomit das einzige Glied der oberen Abtheilung dieser Gruppe, welches vorkommt, in anderen wird er von einer Lage bedeckt, die aus einer feinen leichtzerreiblichen oder pulverartigen Mergelerde besteht, und unter dem Namen Asche bekannt ist. Sie ist ein Pulver von krystallinischem Ansehen, das zuweilen Stücke von Rauchwacke und dem darüberliegenden Stinkkalk enthält, aus deren Zerstörung es wahrscheinlich hervorgegangen sein mag. Die Asche ist gewöhnlich wenig deutlich geschichtet, und selten mehr wie 3 bis 9 Fuß mächtig. Nicht überall liegt sie zwischen Dolomit und Stinkkalk, manchmal unmittelbar auf Zechstein und wird dann von jenem bedeckt, oder sie findet sich auch zwischen Dolomit oder Stinkstein und Gyps. — Ein dichter, manchmal selbst erdiger, bituminöser Kalk, Stinkstein, von schwarzgrauer oder bräunlichgrauer Farbe, liegt entweder unmittelbar auf der Rauchwacke, oder wird von dieser durch die Asche getrennt, in welchem Falle letztere meist in sie übergeht. Zuweilen ist dieser Stinkkalk porös, oder er bildet ein wahres Trümmer-Gestein, indem Bruchstücke desselben durch Thon, Kalkmergel oder Dolomit-Masse verbunden erscheinen. Selten ist er regelmäßig geschichtet, gewöhnlich mannigfach gebogen und zerklüftet. Auch

seine Mächtigkeit ist sehr abwechselnd und steigt von mehreren bis zu 100 Fuß. In seinen oberen Schichten wechsellagert er zuweilen mit Gyps, welcher nicht selten das letzte Gestein dieser ganzen Gruppe bildet. Dieser ist feinkörnig, ins dichte übergehend, rein weiß oder grau durch eingemengten Thon gefärbt, zuweilen bituminös, mit Gypsspath-Ausscheidungen versehen. Er umschließt manchmal Anhydrit, seltener Steinsalz, das aber früher wohl in größerer Menge vorhanden gewesen sein mag, indem die Höhlungen, welche nicht selten in ihm vorkommen und Kalkschlotten genannt werden, vielleicht durch das Auswaschen von Steinsalz entstanden sind. Der Gyps ist ohne Schichtung, erreicht eine Mächtigkeit von 200 Fuß und darüber, und bildet in manchen Gegenden, wie z. B. bei Osterode am Harz, schöne Felspartheieen. Diese verschiedenen Gesteine liegen in Thüringen, am Harz, in den Fulda- und Werra-Gegenden unmittelbar, aber ohne bestimmte Reihenfolge auf dem Zechstein, je weiter südwestlich man aber in Deutschland kommt, um so häufiger sieht man nur den Dolomit und Stinkstein auftreten und dann gewöhnlich unmittelbar, wie bei Rückingen unfern Hanau, auf dem weißen Todt-Liegenden ruhen; der Gyps fehlt gänzlich.

Die Kupferschiefer-Gebilde sind an vielen Stellen in Deutschland bedeutend entwickelt, aber sie nehmen, mit Ausnahme des rothen Todt-Liegenden, keinen bedeutenden Oberflächenraum ein, da sie meist von neueren Schichten überdeckt werden, und nur in schmalen Streifen am Fuße des Thüringer Waldes, des Erzgebirges, des Harzes ꝛc. zu Tage anstehen. — In England ist diese Gruppe besonders durch Conglomerate, die nach oben in feinkörnige, thonige Sandsteine übergehen, dann durch schieferige Mergel, die meist bituminös sind, aber keine Kupfererze enthalten, und dem Magnesian Limestone vertreten. Letzterer erreicht eine bedeutende Mächtigkeit und scheint dort der Repräsentant des Zechsteins und aller oberen Glieder der Formation in Deutschland zu sein. Zu Whitehaven, Tynemouth bei Newcastle, Tiekley bei Darlington, bei Bristol u. a. O. finden sich Glieder dieser Gruppe. — In Rußland ist in der neuesten Zeit durch die Untersuchungen von Murchinson, Verneuil und Graf Kaiserling diese Formation in einer außerordentlichen Ausdehnung nachgewiesen worden. Sie findet sich besonders in den Gouvernements Perm, Orenburg, Kasan, Nischni-Nowgorod u. s. w. und besteht hauptsächlich aus Kalksteinen, Conglomeraten, Sandsteinen, welche im allgemeinen vorherrschen, und Mergeln, denen sich noch, besonders nach dem Ural hin, Gyps und Steinsalz beigesellen. Kupfererze sind auch hier, besonders in den Sandsteinen, fein vertheilt. Die untersten Glieder dieser Gebilde liegen in der Umgebung der alten Stadt Perm auf der Kohlenformation und befinden sich wie diese in normaler Stellung, indem ihre Schichten fast horizontal sind. Der ganzen Schichtenfolge wurde die Benennung Permisches System beigelegt.

Litteratur. Freiesleben, Geognostische Beiträge zur Kenntniß des Kupferschiefer-Gebirges. Freiberg, 1807—1815. 4 Bde. — Plumicke, Darstellung der Lagerungs-Verhältnisse des Kupferschieferflötzes in der Grafschaft Mansfeld, in Karsten und v. Dechen, Archiv für Min ꝛc. XVIII. Bd. S. 139 u. ff. — Klipstein, Darstellung des Kupferschiefer-Gebirges in der Wetterau ꝛc. Darmstadt, 1830. — Tantscher, Beitrag zur Kenntniß der Kamsdorfer und der angrenzenden Flötzgebirge, in Karsten Archiv für Bergbau, XIX. Bd. S. 333 u. ff.

Die auffallende Gleichförmigkeit, welche die Flora und Fauna in jeder der bis jetzt betrachteten drei Gruppen in der Ausbreitung über unsere Erde zeigt, so wie die Uebereinstimmung, die die verschiedenen hierher gehörigen Gebilde bei vielen in ihnen auftretenden organischen Geschlechtern im allgemeinen unter sich wahrnehmen lassen, haben die meisten Paläontologen bewogen, dieselben in eine

Periode zusammen zu fassen. Dies thut z. B. Bronn*), der diese erste Periode Kohlen-Gebirge nennt, eine Benennung, die ihm durch „das Vorkommen von reichlichem Anthrazit in der ersten, von der Haupt-Steinkohlen-Niederlage in der zweiten, von vielen Bitumen und versteinten Baumstämmen in der dritten der hierher gehörigen Gruppen" gerechtfertigt erscheint. Derselbe bemerkt weiter: „die Geschlechter und Arten dieser ersten Periode gehen am unverändertsten nach der Länge wie nach der Breite über die ganze Erdoberfläche. Die Geschlechter, jene besonders, welche dieser Periode eigenthümlich zustehen, sind meistens reich an einander oft sehr ähnlichen Arten, und diese oft reich an beisammen vorkommenden Individuen." Vergleicht man aber diese ausgedehnte Verbreitung derselben Pflanzen- und Thierformen mit der Vertheilung der jetzigen organischen Wesen auf unserer Erdoberfläche, so wird jene Thatsache noch auffallender, und weist darauf hin, daß die klimatischen Verhältnisse damaliger Zeit keine wesentlichen Unterschiede zeigten, also keine Zonen-Verschiedenheit statt fand, die Temperatur vielmehr an Polen und Aequator gleich gewesen sein müsse. Diese Erscheinung dürfte ihren Grund in der eigenen inneren Wärme der Erde gehabt haben, welche während jener Epoche unserer Erdbildung, als die Erdkruste noch keine so bedeutende Dicke erlangt hatte, und die Abkühlung selbst noch nicht so weit vorgeschritten war, ihre Wirkungen nach Außen auffallender bethätigen mußte.

IV. Gruppe. Trias-Gebilde.

Bunter Sandstein, Muschelkalk und Keuper bilden die drei Hauptformationen dieser Gruppe, weßwegen ihr auch der Name Trias beigelegt wurde. Jede dieser Formationen besteht wieder aus mehreren Gliedern: die erste und letzte sind hauptsächlich aus Sandsteinen und Mergeln zusammengesetzt, während in der zweiten Kalksteine die vorherrschenden Gesteine bilden. Von den organischen Resten, welche sich in dieser Gruppe finden, kommen die Pflanzen beinahe ausschließlich in den Sandsteinen und thonigen Ablagerungen, die Thiere hauptsächlich in den kalkigen vor. Die Flora der Trias hat meist wirkliche Equisetiten aufzuweisen, welche nun an die Stelle der Calamiten getreten sind; die früher so häufigen Farren erscheinen sehr zurückgedrängt und kommen nur äußerst selten baumartig vor; ferner treten Coniferen und Cycadeen in sehr bezeichnenden Geschlechtern auf. Von Thieren fehlen die Polyparien gänzlich; die Crinoideen werden allein durch das Geschlecht Encrinites vertreten. Viele charakteristische Genera und Spezies haben die Moluskеn aufzuweisen, von welchen einige, wie Avicula socialis, Myophoria vulgaris und curvirostris, nicht allein von sehr bedeutender Verbreitung sind, sondern auch in allen drei Abtheilungen dieser Gruppe gefunden werden; sehr bezeichnend erscheinen auch einige Cephalopoden. Von Crustaceen ist besonders ein Krebs, zu der Familie der langschwänzigen Dekapoden gehörig, Pemphix Sueuri, sehr charakteristisch. Auch einige bezeichnende Fischreste kommen vor, besonders aus den Geschlechtern Hybodus, Placodus und Saurichthys. Reptilien finden sich in großer Menge, unter denen besonders die Familie der Labyrinthodonten zu bemerken ist, deren Geschlechter folgendermaßen in dieser Gruppe vertheilt sind: Odontosaurus im bunten Sandstein, Xestorrhytias im Muschelkalk, Mastodonsaurus in der Lettenkohle, Capitosaurus und Metopias im thonigen Kupfersandstein.

1. Bunter Sandstein. Diese Formation besteht, wie auch schon der Namen andeutet, vorzugsweise aus Sandsteinen, welche mehr oder minder fein-

*) Lathaea geognostica. Bd. I. pag. 6—8.

förnig, zuweilen selbst konglomeratartig sind, und ein theils quarziges, theils thoniges Bindemittel besitzen; manchmal zeigen sie sich sehr glimmerreich und dünnschieferig und bilden wahre Sandsteinschiefer. Jedoch kommen auch Zwischenlager von Kalksteinen, Dolomiten und Oolithen, so wie Gypsstöcke vor. — Man hat diese Formation in zwei Abtheilungen geschieden, in die untere, den Vogesen-Sandstein, und in die obere, den eigentlichen bunten Sandstein, gestützt auf die abweichende Auflagerung dieser auf jener an einigen Stellen in den Vogesen. Allein es scheint, daß während der Bildung des bunten Sandsteins eine Hebung statt gefunden habe, wodurch jene Abweichung hervorgerufen wurde; auch gehört die Hauptmasse des bunten Sandsteins in Deutschland dem Vogesen-Sandstein an, und diese geht so in die obern Lagen, den Schieferletten, über, daß beide nicht zu trennen sind. Der Vogesen-Sandstein wird von einigen Geognosten dem Permischen Systeme beigezählt. — Die unteren Lagen des bunten Sandsteins (Vogesen-Sandstein) bestehen meistens aus einem kieseligen, festen, rothen Sandstein von mehr oder minder grobem Korne, mit wenigem Bindemittel, das manchmal auch thonig wird. Sie schließen hie und da Feldspath-Theilchen, oder Körner von weißem Thon und Glimmer-Blättchen ein. Auch Quarz-Geschiebe von verschiedener Größe finden sich zuweilen, diese mehren sich in den untersten Schichten häufig so, daß diese zu Conglomeraten werden. Nach oben werden die Lagen des bunten Sandsteines thoniger, so daß er sich als ein Thonsandstein darstellt, der meistens in dicken Bänken geschichtet erscheint und von bedeutender Mächtigkeit ist. Die rothe Farbe herrscht auch hier vor; seltener findet man weiß, graulich, gelblich oder bräunlich gefärbte Schichten, häufiger wechseln die Farben in Streifen oder Flecken, worauf sich der Name bezieht. Flache Nieren von Thon, sogenannte Thongallen, sind für diesen Sandstein sehr bezeichnend. Die unteren Schichten sind meist mächtiger als die oberen, welche letztere mit zunehmender Dünne thoniger oder glimmerreicher werden, und den sogenannten Platten-Sandstein oder Sandsteinschiefer bilden. Die oberste Abtheilung dieser Formation endlich besteht aus sogenannten Schieferletten; thonige, rothe oder bunte Mergel, mit dünnen Lagen von mergeligen Kalksteinen und Dolomiten, welche den Uebergang in den Muschelkalk vermitteln. Auch Gyps-Lagen kommen zuweilen in dem Schieferletten vor. Der Sandsteinschiefer geht durch zunehmenden Thongehalt in letzteren über, so daß die Grenzen der angegebenen Abtheilungen des bunten Sandsteins selten bestimmt ausgesprochen sind. Die Mächtigkeit der ganzen Formation beträgt häufig 1000 und mehr Fuß; dabei steigt er einige 1000 Fuß über das Meer empor und bildet in manchen Gegenden, wie im Anweiler Thale, pitoreske Felsenparthien. — An organischen Ueberresten ist der bunte Sandstein im Allgemeinen sehr arm, in der unteren Abtheilung scheinen sie gänzlich zu fehlen, in der mittleren kommen einige Pflanzen vor, während die obere an wenigen Orten, wie zu Sulzbad, Dompteil und Zweibrücken, reich erscheint theils an Pflanzen-, theils an Thierresten, welche letztere mit denen des Muschelkalkes gänzlich übereinstimmen. Von jenen sind besonders bezeichnend: Calamites arenaceus, Anomopteris Mougeotii, Convalerites erecta, Voltzia brevifolia und heterophylla, Albertia elliptica; von diesen Avicula Albertii, Myophoria curvirostris, Natica Gaillardoti, auch kommen Knochen von Sauriern und Zähne und Schuppen von Fischen vor.

Der bunte Sandstein ist unter den drei Abtheilungen der Trias-Gruppe diejenige, welche die größte Verbreitung, besonders im westlichen und mittleren Deutschland besitzt. Er bildet zum Theil die Höhen und Abhänge des Schwarzwaldes, die Hauptmasse des Odenwaldes und Spessarts, er kommt in der Wetterau vor, umgibt das Vogelsgebirge beinahe vollständig, zieht nach der

Rhön, und dehnt sich einerseits bis in den Thüringer Wald und nach dem Fichtelgebirge, andererseits durch Hessen bis nach Hildesheim hin aus. Er umzieht den südlichen Rand des Harzes und ist mächtig zwischen der Weserkette und dem Teutoburger Wald entwickelt. Ebenso sind die Vogesen und das Hardtgebirge beinahe gänzlich aus ihm zusammengesetzt; er begrenzt das Saarbrücker Steinkohlen-Gebirge im Süden und Westen, und umgibt den westlichen Abhang des Thonschiefer-Gebirges des Hunsrücks, der Eifel und eines Theils der südlichen Ardennen. Ferner kommt er zu Chessy bei Lyon, in einigen Grafschaften namentlich des südlichen Englands, in Spanien, Polen, Rußland u. s. w. vor.

2. Muschelkalk. Die beiden Sandstein-Bildungen dieser Gruppe, werden häufig durch den Muschelkalk von einander geschieden; dieser liegt in der Regel auf buntem Sandstein und ist auf dem Kontinent ein sehr beständiges Glied dieser Gruppe, das sich in seinen Charakteren überall sehr ähnlich bleibt. Es besteht übrigens ebenfalls aus mehreren Abtheilungen, von denen jede wieder aus verschiedenen Gesteinen zusammengesetzt ist. Die untere Abtheilung wird aus sandigen oder dolomitischen Mergeln und Dolomiten, die meist auf den oberen Lagen des bunten Sandsteins ruhen, aus Kalksteinen und kalkigen Mergelschiefern gebildet. Alle diese Gesteine sind meistens grau oder bräunlichgrau gefärbt. Die Schichten des Kalksteines erscheinen gewöhnlich dünn und mannigfach wellenförmig gebogen, weßhalb derselbe den Namen Wellenkalk erhielt, nach oben wird er thonig und geht in den Mergelschiefer über. Die Dolomite kommen theils in den oberen, theils in den unteren Lagen vor, und vertreten in manchen Gegenden, namentlich im Schwarzwald, den Kalk. Im Ganzen sind organische Ueberreste in dem Wellenkalke und seinen Gliedern viel seltener, wie in dem oberen Kalke, sie finden sich meist einzeln zerstreut, selten familienweise. Uebrigens stimmen die vorkommenden Petrefakten ganz mit denen des eigentlichen Muschelkalkes überein, die aber, welche am häufigsten, auftreten sind: Lima lineata, Avicula socialis und Bronni, Myophoria cardissoides und orbicularis, welche letztere beinahe ganz an die Mergelschiefer-Schichten gebunden scheint, und Mya mactroides. — Die zweite, die salzführende Abtheilung, besteht aus Lagen von Gyps, Anhydrit, Salzthon, Steinsalz, Stinkkalk und Mergeln. Ueber dem Wellenkalke liegt gewöhnlich zuerst Salzthon, in dem Anhydritlagen von größerer oder geringerer Mächtigkeit auftreten, zuweilen herrschen auch diese vor und jener ist zurückgedrängt; gegen oben nimmt der Salzgehalt des Thons oder Anhydrits mehr und mehr zu; es zeigen sich zuerst einzelne Salzkörner, die sich jedoch bald zu Salzmassen von größerer oder geringerer Mächtigkeit häufen. Hierauf folgt in der Regel Gyps, der jedoch häufig auch schon unter dem Steinsalz auftritt, dann Stinkkalk oder Kalkstein, oft mit Gyps und Thon stockförmig wechselnd und zuletzt gewöhnlich Mergel. Von organischen Einschlüssen zeigt diese ganze Abtheilung keine Spur; auch ist sie ohne deutliche Schichtung und stockförmig zwischen dem unteren und oberen Muschelkalk eingelagert, so daß wenn sie fehlt, die beiden letzteren unmittelbar aufeinander folgen. Bald herrscht übrigens Anhydrit, bald Gyps oder Steinsalz vor. — Der eigentliche Muschelkalk oder Kalkstein von Friedrichshall bildet die obere Abtheilung dieser Formation. Neben dem Kalkstein, der vorherrscht, kommen noch Lagen von Oolith, Mergelschiefer und Dolomit vor. Ersterer ist gewöhnlich asch-, blaulich-, rauch- oder schwärzlich-grau gefärbt, gewöhnlich thonig und gleichförmig meist dünngeschichtet. Die unteren Lagen bestehen gewöhnlich aus Schichten, welche beinahe gänzlich aus Gliedern von Encrinites liliiformis zusammengesetzt sind, Enkrinitenkalk, zwischen denen einzelne Lagen von Thon oder Kalkstein auftreten und über welchen zuweilen Oolith liegt. Darauf folgt dichter

Kalkstein, das mächtigste Glied, mit Schichten von Mergel und Mergelschiefer durchzogen, und zuletzt Dolomit. — Diese Abtheilung ist sehr reich an Thier-Ueberresten, allein sie sind meistens mit der Gesteinmasse gleichsam verschmolzen, und werden erst durch die Verwitterung auf den Schichtungsklüften, deutlich sicht- und erkennbar. Zu den bezeichnetsten gehören: Encrinites liliiformis, Terebratula vulgaris, Pecten laevigatus und discites, Lima striata, Avicula socialis, Mytilus eduliformis, Myophoria vulgaris, Mya elongata, Rostellaria scalata, Buccinum gregarium, Nautilus bidorsatus, Ceratites nodosus, Pemphix Sueurii, Placodus gigas, Acrodus Gaillardoti, Hybodus plicatilis, Gyrolepis Albertii, Nothosaurus, Conchiosaurus, Dracosaurus etc.

Der Muschelkalk, der in seiner Verbreitung fast überall dem bunten Sandsteine folgt, tritt am südlichen und östlichen Schwarzwalde auf, füllt zum großen Theil den Raum zwischen diesem und dem Odenwalde aus, verbreitet sich von hier bis zur Rhön, dem Thüringer Walde und dem Fichtelgebirge, kommt in den Sächsischen Herzogthümern, in Thüringen, in den Umgebungen des Harzes, in Waldeck, bei Göttingen, Kassel 2c. vor; ist auf dem westlichen Abhange der Vogesen verbreitet, findet sich in Oberschlesien und im südwestlichen Polen, bei Recoaro in Italien u. s. w.

3. Keuper. Während in der vorhergehenden Abtheilung Kalk vorherrschte, sind in dieser die Mergel vorzüglich entwickelt, und zwar Mergel von der verschiedensten Färbung, meist röthlich, grünlich oder gelblich, nicht selten schieferig abgesondert und durch Querspalten in rhomboidale Stücke getrennt; außerdem treten jedoch noch sehr verschiedene Gesteine, hauptsächlich Dolomite, Gypse und Sandsteine auf. — Unmittelbar auf dem Dolomit des Muschelkalkes folgt eine Reihe von Schichten, die, obwohl ihre Mächtigkeit nicht bedeutend ist, dennoch weit verbreitet sind und sich durch ihre Gesteins-Charaktere und organische Einschlüsse leicht erkennen lassen. Diese Bildung, Lettenkohlen-Formation genannt, beginnt mit einem schieferigen Thon, der nach oben graulich-schwarz und bituminös wird und in eine Schwarzkohle übergeht, die weich, fettig anzufühlen, mit Thon gemengt und gewöhnlich nur einige Zoll mächtig ist, sich aber stets in ununterbrochenen Lagen ausdehnt. Zuweilen finden sich mehrere Flötze dieser Lettenkohle übereinander, indem sie mit Mergelschiefer abwechseln, von welchen sie auch bedeckt werden. Auf diese folgt ein Sandstein, der manchmal dem Kohlensandstein sehr ähnlich ist, indem er durch kohlige Theilchen schwärzlich-grau gefärbt erscheint und eine Menge von Pflanzenresten einschließt, die indeß von denen jenes Sandsteines sehr abweichen. Ueber diesem Gestein liegen Dolomite und dolomitische Mergel, welche wieder durch dünne Lagen von rauchgrauem Kalkstein bedeckt werden. Die organischen Ueberreste, besonders bezeichnend für dieses Lettenkohlen-Gebilde sind Equisetites columnaris, Taeniopteris vittata, Lingula tenuissima und Posidonomya minuta. — Die Schichten des eigentlichen Keupers ruhen auf denen der Lettenkohle, und werden nach den vorherrschenden Gesteinen in bunte Mergel mit Gyps und bunte Mergel mit Sandstein geschieden. Das unterste Gestein der ersten Abtheilung bildet ein unreiner gelber oder rauchgrauer Dolomit, der sich durch einen großen Reichthum an Petrefakten, meist mit denen des Muschelkalkes übereinstimmend, auszeichnet, nach oben geht derselbe zuweilen in Gyps, öfters aber in eine mergelige Brekzie über, die aus einer Menge von Saurier- und Fischresten zusammengesetzt ist. Auf dieser liegen nun die bunten Mergel, welche die Hauptmasse der ganzen Abtheilung ausmachen. Sie sind meist bläulichroth, dünnschieferig und werden von dünnen Lagern von Thon, Dolomit oder Sandstein-Schiefer durchzogen. Am häufigsten aber ist der Gyps mit diesen Mergeln verbunden.

Bald bildet derselbe, besonders in den unteren Lagen über dem Dolomit, ganze Lager und Stöcke und ist dann zuweilen mit Anhydrit, Salzthon und Steinsalz verbunden, bald erscheint er nur in einzelnen Straten und in Nestern, bis er nach oben hin von den Mergeln verdrängt wird. Ueber diesen treten nur die Glieder der zweiten Abtheilung auf: Mergel von gleicher Beschaffenheit, wie die vorhergehenden, und Sandsteine, welche mit jenen wechseln. Die unteren Lagen derselben sind feinkörnig, thonig, gelblichweiß oder gelblichgrau gefärbt, und nicht selten braun oder roth gefleckt und geadert. Sie sind deutlich geschichtet und umschließen nicht selten viele Pflanzenreste, besonders von Calamites arenaceus und Pterophyllum Jaegeri etc., daher die Benennung Schilfsandstein. In den oberen Lagern werden die Sandsteine zuerst kieselig und dann grobkörnig; letztere enthalten zuweilen Nester von Pechkohle. Ueber demselben liegt manchmal noch ein weißer, feinkörniger Sandstein mit Resten von Fischen und Reptilien.

Der Keuper ist am westlichen und südlichen Abhange des Schwarzwaldes nur in geringem Zusammenhange verbreitet; am östlichen dagegen kann man ihn von Donaueschingen aus bis nach Norddeutschland verfolgen. Er ist besonders in Schwaben und Franken entwickelt, findet sich in Thüringen und Westphalen, am Westabhange der Vogesen, und dehnt sich von hier bis in die Gegend von Luxemburg aus; fast überall folgt und bedeckt er den Muschelkalk. In England sind die beiden Sandstein- und Mergelbildungen, die obere und untere Abtheilung der Trias-Gruppe, da der Muschelkalk gänzlich fehlt, so mit einander verbunden, daß es nicht möglich ist, sie scharf von einander zu scheiden.

Die Flora der Trias-Gruppe weist darauf hin, daß zur Zeit ihrer Ablagerung ein wärmeres Klima geherrscht haben müsse, während von Seite der Fauna hauptsächlich durch die Cephalopoden- und Reptilienreste ebenfalls darauf zu schließen ist. — Bemerkenswerth sind noch die Thierfährten, welche man in mehreren Gegenden Deutschlands im bunten Sandstein und Keuper gefunden und verschiedenen Thieren zugeschrieben hat. Neuerdings wurde die Ansicht aufgestellt, daß dieselben den Labyrinthodonten, gigantischen froschartigen Thieren, angehörten, deren Vorkommen bis jetzt auf diese Gruppe beschränkt ist.

Litteratur: F. v. Alberti, Monographie des bunten Sandsteins, Muschelkalks und Keupers. Stuttgart und Tübingen, 1834. — Wackenroder, Beiträge zur Kenntniß der Formation des Muschelkalkes und bunten Sandsteines. 1836. — H. Credner, Uebersicht der geognostischen Verhältnisse Thüringens. Gotha, 1843.

V. Gruppe. Jura- oder Oolith-Gebilde.

Der bedeutende Antheil, den einige Glieder dieser Gruppe an der Bildung des Jura-Gebirges nehmen, hat in Deutschland die Benennung Jura-Gruppe veranlaßt, während man sie in England als Oolith-Formation bezeichnete, weil bei den sie dort bildenden Gesteinen die oolitische Struktur vorherrschend ist. Die Zusammensetzung derselben zeigt sich sehr verschieden, im Allgemeinen sind es jedoch hauptsächlich Thone, Mergel, Sand- und Kalksteine, die auftreten. Die erste genauere Untersuchung der Glieder dieser Gruppe wurde in England durch W. Smith ausgeführt, und die von ihm und seinen Nachfolgern aufgestellten Abtheilungen und gegebenen Namen erhielten eine so allgemeine Gültigkeit, daß man diese Schichten als Typus für alle anderen Lokalitäten ansah, und diese nach ihnen oft mit zu großer Aengstlichkeit, zu parallelisiren und zu benennen suchte. Die vier Abtheilungen, in welche diese Gesteine gebracht wurden, sind: Lias-, Bath-, Oxford- und Portland-System. In Deutschland hat man dieselben in neuerer Zeit in drei Gruppen geschieden, in die untere,

mittlere und obere und letztere nach der vorherrschenden Farbe der Gesteine die Benennungen schwarzer, brauner und weißer Jura gegeben, so daß die Oxford-Gebilde der Engländer theils zum braunen, theils zum weißen Jura gerechnet werden. Jeder dieser Abtheilungen gehören wieder verschiedene Gesteine an. Nach dieser Reihenfolge werden die Gesteine dieser Gruppe hier betrachtet werden.

Die organischen Einschlüsse dieser Gruppe näheren sich in Form und Mannigfaltigkeit schon mehr der jetzigen Schöpfung. Die Flora hat, abgesehen von den Algaziten, die hier zuerst häufiger auftraten, ihren litoralen Charakter verloren und ist eine Land-, und zwar eine Binnenland-Flora geworden, die sich durch das Vorherrschen der Cycadeen noch tropisch zeigt, während die vielen Polykotyledonen mehr der gemäßigten Zone entsprechen. Die Equisetiten und Farren sind beinahe gänzlich verschwunden und so viele andere Pflanzen-Geschlechter der vorhergehenden Gruppen. Die Fauna zeigt uns viele neue Genera, theils von höherer Organisation, und zahlreiche Geschlechter in denjenigen Ordnungen und Familien, welche schon in früheren Perioden begonnen haben, und in der jetzigen Schöpfung durch Arten noch repräsentirt sind. Reptilien und Fische tragen einen südlichen Charakter. — Was nun die Thier-Klassen im besonderen betrifft, so fehlen die Polyparien fast in keinem Gestein dieser Gruppe ganz, sind jedoch in manchen Gliedern derselben besonders angehäuft. Unter den Radiarien kommen hauptsächlich Stylastriten und Echiniden vor. Am zahlreichsten, sowohl an Geschlechtern, wie an Arten und Individuen treten die Conchylien auf, unter ihnen finden sich zuerst die Geschlechter Ammonites und Belemnites, und zwar in so großer Menge ein, daß sie mit den Terebrateln zusammen alle andere Genera an Arten-Zahl überwiegen. In den untersten Schichten erscheint hier auch der letzte Spirifer. Crustazeen schließen manche Gesteine häufig ein. Es kommen die ersten eigentlichen Insekten vor. Von Fischen erscheinen in großer Mannigfaltigkeit gleichschwänzige Ganoiden, und unter ihnen ist die Familie der Pycnodonten hauptsächlich bezeichnend. Die Reptilien sind besonders durch abenteuerlich gestaltete Saurier vertreten, wohin vor allen die Geschlechter Ichthiosaurus und Plesiosaurus gehören, auch Pterodactylus ist sehr bemerkenswerth, obwohl dessen Ueberreste seltener vorkommen, als die von jenen. Knochenreste, bis jetzt sechs Unterkiefer, welche im Schiefer zu Stonesfield in England gefunden wurden, schreibt man Säugethieren zu, ohne daß jedoch bis jetzt die Ordnung bestimmt wäre, zu welcher sie gehörten. Die meisten Beobachter halten diese Knochen für Reste von Thieren, welche der Klasse der Beutelthiere beizuzählen seien, während A g a s s i z robbenartige Seegeschöpfe in ihnen zu erkennen glaubt.

Die unterste Abtheilung dieser Gruppe, der L i a s oder d e r s c h w a r z e J u r a, besteht hauptsächlich aus blaulich-schwarzen oder graulich-schwarzen, oft bituminösen Kalksteinen und Mergeln, welche letztere häufig schieferige Struktur annehmen und Liasschiefer genannt werden. Die Unterlage bildet nicht selten ein Sandstein von bläulicher, gelber oder weißlicher Farbe, und meist kalkigem Bindemittel, der nach oben mit dichtem Kalkstein und Mergeln wechsellagert, worauf der Kalkstein vorherrschend wird. Dieser umschließt in manchen Gegenden Gryphaea cymbium in solcher Menge, daß derselbe beinahe gänzlich daraus zusammengesetzt erscheint, und deßwegen den Namen Gryphytenkalk erhalten hat. Außerdem sind für die angeführten Schichten noch bezeichnend: Spirifer Walcotti, Lima gigantea, Pinna diluvii, Unio concinna, Nautilus aratus, Ammonites Bucklandi, Conybeari, Brookii und rotiformis. — Die dünnen Mergel- und Thonschichten, die jenem Kalke stets eingelagert sind, sammeln sich

nach oben und bilden nun die Hauptmasse. Manche Lagen derselben enthalten eine solche Menge von Belemniten, daß sie Belemnitenschiefer genannt werden. Untergeordnete Kalkschichten finden sich in dieser ganzen Abtheilung. Charakteristisch sind für dieselbe: Terebratula numismalis, tetraetra, triplicata, Gryphaea cymbium; Plicatula spinosa; Pholadomya ambigua; Belemnites paxillosus, acuarius; Ammonites amaltheus, Bechei, costatus capricornus, serpentinus und Walcotti; Tetragonolepis; Lepidotus gigas; Leptolepis Bronni. — Hierauf folgen die oberen Liasschiefer, die dünnschieferiger, fester und gewöhnlich bituminöser sind; jedoch auch noch hie und da Kalklagen enthalten. Bezeichnend sind: Sphaerococcites granulatus; Pentacrinites subungularis, Briareus; Avicula monotis; Posidonomya Bronni (die Posidonomyen sind manchmal so häufig, daß sie den Posidonienschiefer bilden); Inoceramus rugosus; Belemnites digitalis, quadratus; Ammonites fimbriatus, hetherophyllus, radians, annulatus; Ichthiosaurus tenuirostris, communis, platyodon; Plesiosaurus. —

Der mittlere oder braune Jura wird in Deutschland von zwei mächtigen Lagen blauen Thones umschlossen. Die untere derselben liegt unmittelbar auf dem Posidonienschiefer und wird besonders durch Lyriodon navis und Gervillia aviculoides charakterisirt, umschließt aber auch noch Nucula Hammeri, Cytherea trigonellaris und Cypricardia obliqua. Auf diese Thonschichten folgen die eisenschüssigen braunen Sandsteine, welche, mit jenen Thonen, von einigen Geognosten noch zum Lias gerechnet, und mit dem Namen obere Lias-Sandsteine bezeichnet werden. Mächtige Schichten von rothen Thon-Eisensteinen kommen in diesen Sandsteinen vor, manchmal auch Oolith- oder Kalklagen. Pecten disciformis und lens; Lyriodon costatum, Astarte excavata, Cerithium muricatum und Ammonites Murchinsonae sind in diesen Schichten als charakteristisch anzuführen; über denselben kommen nun theils Oolithe, theils Sandsteine vor, die hie und da von dichten Kalksteinlagen durchzogen werden. Dies ganze Gebilde dürfte dem Hauptoolith entsprechen. Die Petrefakten, die in demselben hauptsächlich vorkommen, sind: Cidarites maximus, Terebratula perovalis, Ostrea Marshii; Lima proboscidea; Perna quadrata; Nucula lobata; Pholadomya Murchinsoni; Belemnites giganteus, aalensis; Ammonites discus, Herveyi. Hierauf folgen die schon erwähnten, ziemlich mächtigen Thone und Mergel, welche die obere Lage des mittleren Jura bilden. Die unteren Schichten derselben, theils schwärzlich-grau, theils gelblich-braun, mehr mergelich, zuweilen auch oolitisch, oder selbst mergeliche Kalksteine bildend, gehören dem Bradfordthon an, und werden besonders durch Terebratula varians, Ostrea costata, Belemnites canaliculatus, Ammonites Jason und Duncani charakterisirt. Auf ihnen liegen die schwärzlich-blauen Thone, die dem Oxfordthon entsprechen und in denen hie und da dünne Schichten von thonigen Kalksteinen von derselben Farbe auftreten. Bezeichnende Versteinerungen sind: Gryphaea dilatata; Lyriodon clavellatus; Belemnites semihastatus; Ammonites sublaevis; Lamberti und hecticus.

Der obere oder weiße Jura besteht in seinem unteren Theile besonders aus lichtgrauen Thonmergeln, die auf Oxfordthon liegen, und hauptsächlich durch Terebratula impressa charakterisirt werden. Sie wechseln mit dünnen Schichten von weißen Kalksteinen, welche letztere nach oben vorherrschend werden und eine sehr bedeutende Mächtigkeit erlangen. Die oberen Theile dieser Kalkbildung sind nicht selten ganz ungeschichtet durch einen großen Reichthum an Korallen, daher Korallenkalk oder Coralrag genannt, und häufig auch durch großen Kieselerde-Gehalt auszeichnet, so daß die in denselben vorkommenden organischen Reste meistens verkieselt erscheinen, außerdem aber auch Konkretionen von Feuer-

und Hornstein getroffen werden. In der ganzen mächtigen Ablagerung dieses weißen Jurakalkes kommen viele Petrefakten vor, die aber oft in einzelnen Schichten angehäuft sind. Zu den bezeichnetsten gehören: Cnemidium lamellosum, Tragos acetabulum; Scyphia cylindrica, costata; Agaricia lobata; Explanaria lobata; Astraea helianthoides, explanata; Lithodendron trichotomum; Apiocrinites rosaceus; Cidarites coronatus; Galerites depressus; Terebratula lacunosa; Ammonites polyplocus, inflatus, flexuosus, biplex, plicatilis. — Ein eigenthümliches Glied dieser Abtheilung des fränkischen Jura sind die oft sehr mächtig auftretenden Dolomite. Sie zeigen sich meist gelblich-weiß und sehr krystallinisch, und wechsellagern zum Theil mit dichten Kalksteinen, häufig bedecken sie dieselben. Diese Dolomite sind sehr zerrissen und zerklüftet, wodurch eine Menge von Höhlen entstanden, die namentlich in der Gegend von Muggendorf, Gailenreuth, Rabeneck ꝛc. durch eine große Menge von Knochen verschiedener Thiere, welche der Diluvial-Periode angehören, bekannt wurden. In der Gegend von Solenhofen und Pappenheim bei Eichstädt, kommt eine lokale Bildung von schieferigen Kalksteinen vor, welche nach dem Gebrauche, den man von ihnen macht, lithographische Steine oder Schiefer genannt werden. Sie sind außerdem durch die große Menge von eigenthümlichen organischen Resten, die sie umschließen, bekannt. Besonders beachtungswerth ist die bedeutende Anzahl von Fischen, die vorkommen, hauptsächlich aus den Geschlechtern Polydophorus, Thrissops, Calurus, Leptolepis ꝛc., dann die vielen Krebse, mehrere Arten von Pterodactylus, von Insekten: Libellula, von Mollusken vorzüglich Aptychus latus und lamellosus u. s. w. — Ueber dem Korallenkalke liegt an manchen Orten ein gelblicher Kalkstein, der manchmal auch etwas sandig oder kreideartig ist, und offenbar dem Portlander Kalkstein der Engländer entspricht. Er wird besonders charakterisirt durch: Terebratula triloba, insignis, striatula; Mytilus pectinatus; Diceras arietina; Isocardia excentrica; Pinna granulata; Pholadomya donacina, acuticosta; Nerinea suprajurensis, terebra (nach diesem Geschlecht wird diese Ablagerung zuweilen Nerineen-Kalk genannt); Pterocera Oceani. Die schieferigen Thone und Mergel, welche in England unter dem Namen Kimmeridger Thon bekannt sind, und dort, wie in Frankreich und einem Theil der Schweiz, den Coralrag von dem Portlander Kalk trennen, hat man in Deutschland noch nicht genau erkannt; vielleicht daß die untersten Schichten, der vorher erwähnten Ablagerung denselben entsprechen, aber wegen ihrer gleichmäßigeren Beschaffenheit nicht leicht von den oberen zu trennen sind.

Die Verbreitung der Glieder dieser Gruppe ist nicht unbedeutend; den Hauptstock derselben im mittleren Europa müssen wir in dem Schweizer Jura, von welchem, wie schon bemerkt, auch die Benennung herrührt, suchen; dieser erstreckt sich von Schaffhausen südwestlich bis über Genf hinaus, indem er eine Breite stellenweise bis zu 10 Meilen einnimmt und bis zu 4 und 5,000 Fuß Höhe ansteigt. Der deutsche Jura, welcher bei Schaffhausen vermittelst des Rhein-Durchbruches von jenem getrennt wird, zieht sich zuerst nordöstlich durch Württemberg, die Schwäbische oder Rauhe Alp bildend, streicht von Ulm bis nach Regensburg, immer am linken Ufer der Donau hin, wendet sich hier, nun fränkischer Jura genannt, nach Norden bis über Bamberg und Baireuth hinaus gegen die Sächsische Grenze hin. Dieser ganze Zug hat seinen steilen Abfall nach Nordwest, während er nach Südost sich allmälig senkt; unter jenem tritt überall in ziemlich breiten, hügeligen Terrassen der Lias teppichartig hervor, biegt sich um den Nordrand des fränkischen Jura herum und zieht sich selbst noch an der Ostseite desselben hin. — Diesem deutschen Jura entspricht ein ganz ähnlicher französischer Juazug. Dieser, welcher mit dem von Basel und

Solothurn herkommenden Schweizer Jura zwischen Vesoul und Besançon sich verbindet, erstreckt sich einerseits südlich bis in die Gegend von Lyon, andererseits in einem viel breiteren Zuge über Chamont und Verdün bis zu den Quellen der Oise am Fuße der Ardennen. Dieser hat nach Südost seinen steilen und nach Nordwest seinen geneigten Abfall. In der Mitte dieses französischen Juras geht noch ein dritter Zug von Auxerre aus in einer leichten Krümmung westlich über Bourges, Chateauroux, Poitiers bis nach Rochelles. Hier verbindet sich derselbe mit einer anderen Jurakette, die von da bis nach Montpellier hin sich erstreckt, indem sie die Gebirge von Auvergne und Vivarais umfaßt. Zugleich wendet sich aber auch von Rochelles und Poitiers aus ein weiterer Jurazug nach Damur hin und zieht sich über Mans bis nach Caen. — In England bildet der Jura einen breiten bogenförmigen Streifen, der südlich an der Küste von Dorset beginnt, gegenüber den französischen Juraschichten, welche bei Caen den Kanal berühren, und von denen derselbe gleichsam die Fortsetzung zu sein scheint, zieht an Bristol vorbei über Bath nach Oxford, dann über Nordhampton bis nach Lincoln zur Mündung des Humber. — Im nördlichen Deutschland bildet die Jura-Formation noch einen langen schmalen Streifen, der sich von West nach Ost am Nordrande des Harzes hinzieht, durch die Porta-Westphalika nach Hannover hin fortsetzt und endlich bei Braunschweig sich um den nördlichen Harz herumbiegt und bald endet. — Auch in Polen, Ungarn, an der Ostküste des Adriatischen Meeres, in Rußland, in Süd-Amerika ꝛc. kommen Glieder dieser Gruppe vor.

Litteratur. J. A. Römer, die Versteinerungen des Norddeutschen Oolith-Gebirges. 2. Abthl. Hannover 1835 und 1836. — F. C. L. Koch und W. Dunker, Beiträge zur Kenntniß des Norddeutschen Oolith-Gebirges und dessen Versteinerungen. Braunschweig 1837. — K. Fromherz, die Jura-Formation des Breisgaues. Karlsruhe 1838. — v. Buch, über den Jura in Deutschland. Berlin 1839. — Quenstedt, das Flötzgebirge Württembergs. Tübingen 1843.

VI. Gruppe. Kreide-Gebilde.

Diese Gruppe umfaßt die jüngsten Glieder des sogenannten sekundären oder Flötz-Gebirges. Die mineralogischen, wie die paläontologischen Charaktere weichen bei denselben noch auffallender an den verschiedenen Orten ihres Vorkommens von einander ab, wie in der vorhergehenden Gruppe. Nur das obere Glied, die weiße Kreide, von welcher die Benennung der Gebilde auch entlehnt ist, zeigt im Allgemeinen in jener Hinsicht eine große Uebereinstimmung. Außer den kalkigen Absätzen, kommen noch hauptsächlich Mergel- und Sandstein-Ablagerungen vor; zugleich treten auch, besonders im südöstlichen England und in Norddeutschland, die ersten mächtigen Süßwasser-Bildungen auf, die sogenannte Wälder-Formation, und zwar zwischen der oberen Jura- und der eigentlichen marinen Kreidebildung liegend. Rechnet man jene zu dieser Gruppe, so muß man bei Betrachtung der organischen Reste in letzterer beide Ablagerungen, die süßwasser und die marine von einander trennen. Erstere, die Süßwasser-Formation, wird besonders durch Landpflanzen und Süßwasser-Konchylien charakterisirt, von welchen diese besonders den Geschlechtern Unio, Cyclas und Paludina angehören. Ferner ist sehr bezeichnend Cypris Faba, eine Crustaceen-Art, die nur in süßem Wasser wohnte; ebenso finden sich auch unter den Reptilien solche, die nur in diesem lebten. Uebrigens kommen auch Meeres-Konchylien vor, wobei man jedoch beachten muß, daß manche Geschlechter in Meeres- und in süßem Wasser zugleich leben konnten; dazu kommt, daß die Süßwasser, welche von denselben bewohnt wurden, wahrscheinlich nicht scharf vom Meere getrennt gewesen, vielleicht ruhige seichte Meeresarme waren, ausgesüßt durch

durch große Flüsse, die einmündeten, oder es konnten salzige Binnenmeere gewesen sein.

Was nun die organischen Ueberreste der marinen Kreidebildung betrifft, so besitzt die Flora derselben keinen sehr bestimmt ausgeprägten Charakter, obwohl sie eigenthümliche, von den Pflanzen des Juras verschiedene Arten enthält. Algen sind zahlreich vorhanden; ferner kommen Monokotyledonen und Coniferen vor, und zugleich finden sich auch Reste deutlicher Laubhölzer, als die ersten Repräsentanten höherer Dikotyledonen. — Thier-Ueberreste wurden in großer Menge getroffen. Die Polyparien kommen nicht mehr in solchen Massen nebeneinander vor, wie im Jura, und gehören meistens kleinen Formen an, wie Eschara, Cellepora &c. Unter den Radiaten erreichen hier die Echiniden ihre größte Entfaltung, während die Crinoideen an Menge bedeutend abgenommen haben. Von jenen sind wegen ihrer großen Verbreitung am wichtigsten: Galerites, Discoidea, Micraster und Ananchytes. Sehr zahlreich vertreten erscheinen die Mollusken. Besonders wichtig ist die Ordnung der Rudisten oder Hippuriten, welche nur auf die Kreide beschränkt sind; ferner die Brachiopoden und Cephalopoden. Von ersteren kommen nicht nur mehrere sehr bezeichnende Terebrateln, sondern auch die Geschlechter Crania, Thecidea und Magas vor; von letzteren treten die Belemniten und Ammoniten zum letzten Male auf, und diese nicht allein in sehr zahlreichen Formen, sondern auch in eigenthümlichen Gattungen, welche sich durch die abweichenden Windungen der Schale von einander unterscheiden, wie Hamites, Scaphites, Turrelites und Baculites. Unter den Crustazeen ist besonders Pagurus wichtig. Von Fischen kommen, außer den Eckschuppern, besonders Knorpelfische, zumal Haye vor, deren Zähne sich sehr den jetzt lebenden Formen nähern. Die Reptilien, welche gefunden wurden, schließen sich theils noch an die großen sonderbaren Gestalten der vorigen Gruppe an, theils nähern sie sich den noch lebenden. Besonders bemerkenswerth sind: Mosasaurus, Hylaeosaurus und Iguanodon. Auch kommen von den noch lebenden Schildkröten-Geschlechtern Trionix, Chelonia und Emys Reste vor. Von Vögeln wurden einzelne Knochenreste nachgewiesen. Von Säugethieren hat man bis jetzt noch nichts gefunden.

Die W ä l d e r f o r m a t i o n, welche sich, wie schon bemerkt, in einigen Gegenden zwischen den Jura- und eigentlichen marinen Kreide-Gebilden eingelagert zeigt, besteht in England, namentlich in der Grafschaft Sussex und in einem Theil von Surrey und Kent, wo sie in bedeutender Mächtigkeit auftritt, aus drei verschiedenen Abtheilungen. Die Unterlage bilden die P u r b e c k s c h i c h t e n, welche vorherrschend aus Kalksteinen bestehen, die mit dünnen Lagen von Schieferthon wechseln. Jene nehmen nach oben viele Grünerde-Körnchen auf. Paludinen- und Cypris-Schalen werden sehr zahlreich von ihnen umschlossen; auch kommen häufig Reptilien- und Schildkröten-Reste vor. Darauf folgt der H a s t i n g s s a n d, der besonders aus Schichten eisenschüssigen Quarzsandes und zerreiblichen Sandsteines besteht, die mit sandigen Thonen und Mergeln wechseln. In den unteren eisenschüssigen Sandsteinen (Eisensandsteinen) finden sich Eisenstein-Lager und Bruchstücke von verkohltem Holz. Die Ueberreste untergegangener Reptilien (Megalosaurus und Iguanodon) kommen besonders in diesen Sandschichten vor. Ueber dem Hastingssand tritt der eigentliche Wälderthon auf, ein blaulicher Thon, der zuweilen schieferig wird und mit dünnen Schichten eines Kalkes wechselt, welcher reich an Petrefakten ist, die denen des Purbeckkalkes sehr ähnlich sind. Cyclas membranacea; Vivipara fluviorum; Paludina olongata; Melania tricarinata; Cypris faba (Valdensis) gelten als besonders bezeichnend; auch kommen Saurier- und Fischreste vor.

In Nord-Deutschland besteht diese Süßwasser-Bildung vorherrschend aus schwarzem, kohligem und bituminösem Schieferthon, Schiefermergeln und Letten, während ihre obern Theile meist sehr ausgezeichnete in starke Quadern abgetheilte Sandsteine enthalten. In weiter Verbreitung kommen in dieser Formation nicht unbeträchtliche Steinkohlen-Flötze vor, auf die am Osterwald, Deister, Süntel, bei Oberkirchen in der Grafschaft Schaumburg, im Osnabrückischen und an anderen Orten ein reger Bergbau getrieben wird. Cypris faba ist auch hier sehr häufig. Charakteristisch sind die Geschlechter Unio, Cyrena, Cyclas, Paludina, Podamites und Melania.

Die marine Kreide-Gebilde werden in zwei Abtheilungen geschieden, in die Grün- oder Quader-Sandstein- und in die eigentliche Kreide-Formation, von denen jede wieder aus mehreren Gliedern zusammengesetzt ist. In England folgen die Gesteine dieser Gruppe dem Zuge der Oolith-Formation von Süd nach Nord an seinem östlichen Abhange, in dem sie sich bis über Kingston hinaus erstrecken, und im Südosten das Londoner Tertiär-Becken umfassen, dessen Schichten auf ihnen ruhen. Die untere Abtheilung der marinen Kreide wird hier in unteren Grünsand, in Gault und oberen Grünsand getrennt. Jener liegt unmittelbar auf dem Wälderthon, ist ein feiner bald loser Sand, bald fester Sandstein, dem eine Menge von Chlorit-Körnchen beigemengt sind, wodurch ihm die bezeichnete grüne Farbe mitgetheilt wird. Von organischen Resten enthält er besonders: Discoidea subuculus; Terebratula latissima, depressa; Pecten quinquecostatus; Gervillia aviculoides; Trigonia aliformis; Thetis minor etc. Hierauf folgt der Gault, dessen Schichten theils aus blaulichem oder grauem, theils aus reinem Thon bestehen, mit Inoceramus concentricus und sulcatus; Rostellaria Parkinsoni, Belemnites minimus, Ammonites Rhotomagensis; Hamites rotundus. Ueber diesem liegt der obere Grünsand, der sich von dem unteren besonders durch eine größere Menge von chloritischen Körnchen unterscheidet. Manchmal ist er auch mit viel Thon oder Kalk gemengt, oder er enthält Kieselconcretionen. Cassidulus lapis cancri, Terebratula ovata, Ostrea carinata, Exogira columba und haliotoidea, Pecten quadricostatus, Lima Hoperi, Spondylus truncatus, Thetis major sind bemerkenswerth. Die obere Abtheilung oder eigentliche Kreide besteht zuerst aus dem Kreidemergel, der auf dem oberen Grünsand liegt, und aus bläulichen oder weißen Kalkmergeln zusammengesetzt ist, welche nur selten Kieselconcretionen enthalten, aber manchmal reine Kreidebänke einschließen. Er ist reich an organischen Resten; hierher gehören: Terebratula plicatilis, Pecten Beaveri und quinquecostatus, Lima Hoperi, Rostellaria Parkinsoni, Ammonites Rhotomagenois und varians, Scaphites aequalis, Baculites anceps, Turrilites costatus, Zähne von Galeus pristodontus, Saurierreste und Coprolithen. Nach oben gehen diese Mergel in eine graue unreine Kreide über, die mit Sand oder Glimmerblättchen, auch mit Feuerstein-Stücken gemengt ist, verkohltes Holz und viele Petrefakten, besonders Cephalopoden, einschließt; welche jedoch von denen der weißen Kreide wenig oder gar nicht abweichen. Darauf folgt nun die gewöhnliche reine weiße Kreide, meistens die mächtigste Lage bildend. Dieselbe enthält häufig Feuersteine, auch Chalcedone, besonders in den oberen Theilen, wo sie nicht selten durch ihre regelmäßige Lage die Schichtung deutlich hervorheben. Diese Feuersteine zeigen sich meist in mehr oder minder rundlichen Formen, ellipsoidisch, zuweilen abgeplattet in der Richtung der Schichtungsebene. Häufig sind die organischen Reste entweder durch Feuerstein-Masse versteinert, oder diese erfüllt nur deren Höhlungen, oder sie werden ganz von derselben umschlossen. Zu den charakteristischen Petrefakten gehören: Ventriculites

radiatus, Cidarites vesiculosa, Discoidea albogalera, Galerites vulgaris, Micnaster coranguinum, Ananchytes ovata, Terebratula semiglobosa und carnea, Crania Ignabergensis, Gryphaea vesicularis, Spondylus spinosus, Inoceramus Lamarckii, Belemnites mucronatus, Ammonites Coupei, ferner Reste von Fischen und Sauriern, auch Coprolithen.

Der eigenthümliche erdige Zustand der weißen Kreide, von welchem man früher angenommen hatte, daß er Folge eines chemischen Niederschlags sei, beruht, wie die mikroskopischen Untersuchungen auf das bestimmteste ergeben haben, auf der eigenthümlichen Art ihrer Bildung. Sie besteht nemlich größtentheils aus einer zahllosen Menge sehr kleiner mikroskopischer Thierchen, die den Polythalamien angehören, deren Schalen aus reinem kohlensaurem Kalk bestanden, und die in solcher ungeheuren Menge zusammenlebten, daß sie nach und nach solche bedeutende Ablagerungen bilden konnten. Man hat sie deßhalb auch Kreidethierchen genannt. Zugleich lebten aber auch mit letzteren in demselben Meere eine außerordentliche Menge von Infusorien, deren Panzer aus Kieselerde bestand, aus welchen dann zum Theil die Feuersteine hervorgingen, denn gerade in diesen hat man jene Thierchen genau erkannt, zum Theil mag jedoch auch die Kieselsubstanz in dem Kreidemeer aufgelöst gewesen und mit den Thierschalen niedergeschlagen worden sein, und sich hier nach und nach in rundliche Massen concentrirt haben.

In Sachsen und Böhmen ist die untere marine Kreide besonders durch mächtig entwickelte Sandsteine vertreten, die ihrer regelmäßigen Schichtung in dicken Bänken wegen Quadersandsteine genannt werden. Sie sind meistens weiß, graulich oder gelblich gefärbte Sandsteine, deren Quarzkörner manchmal ganz ohne Bindemittel zusammenhängen, theils aber auch durch thoniges oder mergeliges Cement verbunden werden. Zahlreiche Klüfte, welche dieses Gestein nach allen Seiten meist rechtwinkelig gegen die Schichtungsebene durchziehen, befördern dessen Verwitterung, welcher es ohnedem sehr unterworfen ist, wodurch die merkwürdigen und seltsamen Felsgruppen aus säulen- und obeliskenartigen, nadelförmigen und zackigen Massen bestehend, hervorgerufen wurden, welche die Quadersandsteine an vielen Orten so sehr auszeichnen, wie z. B. in der Sächsischen Schweiz; zu Adersbach in Böhmen, am nördlichen Fuße des Harzes zwischen Gernrode und Blankenburg, die Extersteine in Westphalen ꝛc. In den oben angeführten beiden Ländern liegt zwischen dem Quadersandstein die sogenannte Pläner-Formation, eine eigenthümliche Bildung aus lockerem, manchmal Grünerdetheilchen führenden Sandstein, aus Mergeln und mergeligen Kalksteinen bestehend, welche von einigen Geognosten als dem Gault der Engländer entsprechend angesehen wird, während man den darunter und den darüber liegenden Quadersandstein dem unteren und oberen Grünsand parallelisirt. Jüngere Kreide-Glieder fehlen.

Am Südostrande des Schweizer Jura erstreckt sich, auf diesem liegend, von Biel bis gegen Genf hin ein eigenthümliches Gebilde, welches die Benennung Neocomien, nach Neuchatel Neocomium, dem Orte, wo dasselbe am deutlichsten entwickelt ist, erhalten hat. Es besteht hauptsächlich aus blaulichen oder graulichen Mergeln und gelblichen Kalksteinen. Jene sind reich an eigenthümlichen organischen Einschlüssen, während diese nur wenige enthalten. Bezeichnend sind: Spatangus retusus, Terebratula depressa, Exogyra subplicata, Ammonites asper etc. Diese Formation wird als unterstes Glied der marinen Kreide und gleichsam als Aequivalent der Wälder-Bildung angesehen. Auf ihr ruht, namentlich in Frankreich, wo sie ebenfalls häufig vorkommt, der Grünsand. Die Kreide-Gebilde in Nordfrankreich nemlich, welche sich um das

tertiäre Becken von Paris herumziehen, indem sie sich von der Belgischen Grenze aus nach Süden bis über die Loire, im Westen bis nach Dieppe und im Osten bis nach Rheims hin ausdehen, stimmen im Ganzen sehr mit denen von England überein, mit Ausnahme der Wälderformation, die hier fehlt und statt deren ebenfalls das Neocomien auftritt. Es besteht dieses hier hauptsächlich aus eisenschüssig thonigen Sandschichten, die auf dem Jura liegen, darauf folgen gelbliche thonige unreine Kalke, welche mit Thonbänken wechseln, und nach oben in Mergeln übergehen. Hier findet sich besonders Spatangus retusus (Holaster complanatus). Der Grünsand folgt dem Neocomien in seiner ganzen Ausdehnung, und erstreckt sich noch weiter nach Westen. Auf den unteren thonigen Sandschichten liegen graue Mergel, Gault, und dann der obere Grünsand. Die eigentliche Kreide beginnt hier mit chloritischer Kreide, einem Gestein, dessen Grundmasse theils kreide-, theils kalksteinartig ist, in welcher eine Menge von Chlorit-Körnchen eingemengt sind. Sie ist sehr reich an organischen Ueberresten, namentlich an Cephalopoden. Darauf ruht die weiße Kreide. Im Norden dieser Kreide-Ablagerung, namentlich in Belgien und besonders in der Gegend von Mastricht, liegt über der weißen Kreide noch eine eigenthümliche Schichtenreihe, welche Mastrichter Kreide- auch Kreidetuff genannt wird. — In Südfrankreich findet sich in der Nähe der Schweiz das charakteristische Neocomien, die blaulichen Mergel und gelblichen Kalksteine; je weiter aber diese Gebilde nach Süden ziehen, je mehr verändern sie sich; der Kalk wird grau und mergelig und verschmilzt allmälig mit dem Mergel zu einem graulichweißen Kalkstein. Ueber diesem tritt ein weißer oder grauer etwas körniger Kalkstein auf, der als oberes Neocomien bezeichnet wird und besonders Caprotina ammonia in Menge einschließt. Auch Rudisten kommen hier vor. Darauf folgen die Grünsand- und Gault-Schichten, wie im nördlichen Frankreich. Die chloritische Kreide aber ist an vielen Orten durch einen weißen, kreideartigen Kalkstein ersetzt, den man, wegen der vielen Hippuriten, die er einschließt, Hippuritenkalk genannt hat. Er ist von ziemlicher Mächtigkeit und sehr weiter Verbreitung. Die mittlere Lage dieses Kalkes, es sind deren nemlich drei, die stets durch Schichten einer grünlichen sandigen Kreide getrennt erscheinen, besitzt eine außerordentliche Ausdehnung, indem sie von Lissabon aus durch Spanien, Frankreich, Italien, die Europäische Türkei bis nach Kleinasien hinzieht, auch in Aegypten und Nord-Afrika sich findet, so daß das Mittelmeer von dieser eigenthümlichen Kreide-Formation umgeben ist, während die Nord- und Ostsee von weißer Kreide umschlungen sind.

Die Verbreitung der Kreide-Gebilde ist sehr bedeutend; sie finden sich, außer den schon angegebenen Orten und Ländern, in Schweden, Dänemark, Irland, Polen, Galizien, Rußland, Nord-Amerika u. s. w.

Mantell, the Fossils of the South Downs or Geology of Sussex. 1822. — H. B. Geinitz, Charakteristik der Schichten und Petrefakten des Sächsisch-Böhmischen Kreide-Gebirges. Dresden und Leipzig 1839—1842. — A. E. Reuß, Geognostische Skizzen aus Böhmen. Prag 1840. — v. Hagenow, Monographie der Rügen'schen Versteinerungen in Leonhards und Bronns Jahrbuch. f. Mineralogie 2c. 1839. S. 253; 1840 S. 631. 1842 S. 258. — Ad. Römer, die Versteinerungen des nord-deutschen Kreidegebirges. Hannover 1841. — O. E. Reuß, die Versteinerungen der böhmischen Kreideformation. Stuttgart 1845. —

VII. Gruppe. Tertiär-Gebilde.

Die Zusammensetzung der über der Kreide liegenden Gebilde, zeigt eine noch größere Verschiedenheit, als dies je vorher der Fall war. Ihre Gesteine sind nicht durch eine besondere Beschaffenheit ausgezeichnet, obwohl man bei denselben im Allgemeinen ein lockereres Gefüge, und daher einen geringeren

Zusammenhalt trifft, als bei den älteren Gesteinen, was man einigermaßen als charakteristisch annehmen könnte; allein es finden sich auch sehr harte und feste Kalk- und Sandsteine, die mit Lagen von Thon und Mergel, von Sand und Gerölle wechseln. Was sie aber vor Allem auszeichnet, ist ihr großer Reichthum an organischen Resten, und deren große Aehnlichkeit mit der jetzigen Schöpfung. Man findet sie meistens in einzelnen Becken abgesetzt, und selten auf weite Strecken zusammenhängen. Die Vergleichung derselben aber unter einander hinsichtlich ihrer Alters-Verhältnisse wird um so schwieriger, als der Einfluß der Klimate zur Zeit ihrer Bildung immer fühlbarer wurde, weßwegen die in ihnen eingeschlossenen organischen Reste im Allgemeinen keine genügende Anhaltepunkte bieten. Dazu kommt noch, daß die Gebilde dieser tertiären Becken häufig aus einem mehrfachen Wechsel von Meeres- und Süßwasser-Ablagerungen bestehen; eine Erscheinung, die nicht nur auf ein öfteres Schwanken des Bodens, auf wiederholte Hebungen und Senkungen, sondern auch darauf hinzudeuten scheint, daß gegen Ende der Bildung der Gesteine der vorigen Gruppe und während des Absatzes der tertiären Schichten größere Massen der Erde, die bisher von Wasser bedeckt waren, zuerst trocken gelegt wurden, da die zahlreichen und großen Süßwasser-Bildungen auf das Ansammeln bedeutender Massen von süßem Wasser auf ausgedehnten Landstrichen hinweisen.

Um aber die große Zahl von tertiären Bildungen in gewisse möglichst übereinstimmende Abtheilungen zu bringen, blieb am Ende doch kein anderes Mittel, als daß man ihr relatives Alter und ihr gegenseitiges Vertreten nach den organischen Einschlüssen festzustellen suchte, indem man diese mit der jetzigen Schöpfung genau verglich. Es wurde als erwiesen angenommen, daß in allen tertiären Ablagerungen Species vorkämen, welche mit den jetzt lebenden identisch seien; nach der größeren oder geringeren Zahl solcher identischen Spezies nun, welche in einer tertiären Schicht gefunden wurden, bestimmte man die Periode, welcher dieselbe angehören sollte. Man nahm in dieser Beziehung drei Abtheilungen an, eine untere, mittlere und obere, die man auch Eocene, Miocene und Pliocene Periode nannte. Die untere sollte 3—5 Prozent lebende Spezies, die zweite 19—26, und die obere bis 52 enthalten. Für jede dieser Perioden hat man gewisse tertiäre Becken als Typen aufgestellt, womit man die anderen zu vergleichen sucht.

Die in den tertiären Gebilden eingeschlossenen Organismen bieten eine außerordentliche Zahl von verschiedenen Formen dar, die sich, hauptsächlich bei den Pflanzen und niederen Thierklassen, sehr nahe den jetzt lebenden anschließen. Was aber jene im Allgemeinen sehr auszeichnet, ist, daß sie gewöhnlich den Grad der Veränderung nicht erlitten haben, wie dies bei den organischen Resten der früheren Gruppen der Fall. Selten zeigen sich dieselben, wie z. B. die Schalen der Mollusken, versteinert oder sehr wesentlich verändert, so daß man solche aus tertiären Schichten, in den meisten Fällen schon an dem Zustand des Erhaltenseins von denen aus älteren Gesteinen zu unterscheiden vermag. Wie es bei den Thieren ist, so auch bei den Pflanzen-Anhäufungen; wir sehen keine Steinkohlen, sondern im allgemeinen nur Braunkohlen vorkommen; Pflanzenreste, die häufig nur geringere Veränderungen erlitten haben, so daß ihre Struktur, ihre Jahresringe, ihr Zellgewebe rc. deutlich erkannt werden kann. Nur hie und da hat durch örtliche Einflüsse, durch Einwirkung vulkanischer Thätigkeiten zum Beispiel, eine vollständigere Veränderung namentlich zu Pechkohle stattgefunden.

Betrachten wir nun die organischen Einschlüsse spezieller, so tritt uns hier zuerst eine reiche Flora dikotyledonischer Gewächse entgegen, von der man in

früheren Gruppen bis jetzt nur Spuren, oder vereinzelte Vorkommnisse getroffen hatte. Die Braunkohlen wurden vorzugsweise durch Nadelhölzer und Palmen gebildet. — Die Fauna zeigt uns auch hier, wie das beinahe unsichtbar wirkende kleinste Leben seinen Einfluß im Großen durch Bildung ganzer Gesteinschichten bethätigt; es sind diejenigen Familien der Infusorien, welche in ihrem natürlichen Zustande mit einem kieseligen Panzer versehen sind, und daher nicht nur der Erhaltung in den Erdschichten, sondern auch zur Bildung von solchen fähig waren. Es entstanden durch sie besonders Tripel, Polir- und Saugschiefer, Kieselguhr, Menilith, Halbopal, Bergmehl u. s. w. Die Polyparien erscheinen meist nur in kleinen Arten, oder wo größere auftreten, geschieht dies nicht in Menge. Von Radiarien kommen fast nur Echiniden vor. Am zahlreichsten sind die Molusken vertreten. Brachiopoden und Cephalopoden sind selten und im Ganzen auf wenige unbedeutende Arten beschränkt. Andere ein- und zweischalige Conchylien dagegen finden sich sehr häufig, und sie sind es auch, welche hauptsächlich in den jüngsten Tertiärschichten viele Arten aufzuweisen haben, die sich von den noch lebenden nicht trennen lassen; aber zu bemerken ist noch, daß auch eine Menge von Geschlechtern auftreten, welche das süße Wasser und das Land bewohnten. Die Reste von Anneliden sind wenig bemerkenswerth; von Crustaceen haben wir besonders Balanen und kurzschwänzige Krebse hervorzuheben. Unter den Fischen haben die Placoiden und Ganoiden bedeutend abgenommen, während die Ctenoiden und Cycloiden an Geschlechtern und Arten immer mehr zunehmen. Frösche nnd Schlangen, so wie Landschildkröten zeigen sich zum erstenmale, wie sich überhaupt die Reptilien den Formen der lebenden Schöpfung ebenfalls sehr nähern. Vogelreste kommen zwar ziemlich häufig vor, allein es sind meist nur einzelne wenig bekannte Knochen, welche gefunden wurden. Für die Tertiär-Gebilde ist aber unter allen Klassen des Thierreichs die höchste die wichtigste, denn die Säugethiere erscheinen hier zum erstenmale in größerer Häufigkeit, und wurden selbst nicht selten in ganzen Skeletten getroffen. Außerdem sind sie wohl auch zur Unterscheidung der einzelnen Abtheilungen dieser Gruppe um deßwillen am geeignetsten, weil sie vielen Veränderungen unterworfen waren, ehe sie von ihren anfangs eigenthümlichen und fremdartigen Charakteren allmälig in die jetzigen Formen übergingen. Im Anfange findet man fast nur Dickhäuter in vielen und meist ausgestorbenen Geschlechtern, denen sich später noch Wiederkäuer zugesellen; und beide Familien kommen hier in größerer Zahl und Manigfaltigkeit vor, als in der jetzigen Schöpfung. Später treten die höher stehenden Raubthiere auf, welche jedoch erst in der nächsten Gruppe herrschend werden.

Es würde uns nach dem vorliegenden Zwecke zu weit führen, wollten wir von den verschiedenen tertiären Ablagerungen einzelne Beschreibungen liefern, wir müssen uns auch hier beschränken, die Zusammensetzung einiger Becken kurz anzudeuten. — Die Gesteine der unteren Abtheilung dieser Gruppe, welche man Grobkalk-Formation nennen kann, sind hauptsächlich Thon, Kalksteine, Sand und Sandsteine. Unter den Säugethieren, die hier auftreten, findet man vorzüglich Pachydermen. Der größte Theil der Thier- und Pflanzen-Arten scheinen von den jetzt lebenden verschieden zu sein. Das Becken von Paris, welches am frühesten erkannt und am genauesten untersucht wurde, so wie das von London, gelten als Anhalts-Punke zur Beurtheilung von Ablagerungen dieser Periode in anderen Gegenden. Jenes wird aus folgenden Gesteinen zusammengesetzt: auf der Kreide ruht zuerst ein gelblicher zuweilen oolithischer oder knolliger Kalk, Pisolithkalk, der manchmal nach unten in einen grünlichen oder weißen Sandstein übergeht. Viele Conchylien, die mit denen des Grobkalkes übereinstimmen,

bezeichnen dieses Gebilde als ein tertiäres, marinen Ursprunges. Darauf liegt plastischer Thon, zuweilen mit Spuren von Braunkohlen, mit einer Menge von Süßwasser-Conchylien und den ersten Säugethierresten, und zwar von Palaeocyon, Viverra, Anthracotherium und Lophiodon. Nach oben wird dieser Thon sandig, umschließt schon einige Meeres-Conchylien, und geht in die untere sandige Lage des Grobkalkes über, einer Meeres-Ablagerung, die durch ihren Reichthum an solchen Resten, besonders Moluskeu, ausgezeichnet ist. Der Sandstein von Beauchamp, ein meist feinkörniger weißer Sandstein, liegt über letzterem, mit welchem derselbe auch den Petrefakten-Reichthum gemein hat, und darauf folgt der Kieselkalk von St. Ouen. Dieser, eine Süßwasser-Bildung, ist zusammengesetzt aus Mergeln mit Kieselnieren und zerstreut liegenden Kieselmassen, dichten Kalksteinen und Sandschichten mit Sumpfpflanzen, Süßwasser-Conchylien und Säugethier-Knochen, besonders von Anoplotherien und Paläotherien. Die mächtigen Mergel- und Gyps-Massen, welche bei Paris auftreten und dieser Abtheilung angehören, sollen nach einigen Geologen auf jenen Kieselkalk folgen, nach anderen aber eine Süßwasser-Bildung sein, die dem Grobkalke parallel liege. Ausgezeichnet ist dieselbe durch die große Menge von Säugethier-Knochen, welche sie umschließt, hierher gehören: Palaeotherium, Anoplotherium, Xiphodon, Chaeropotamus, Didelphys, Lophiodon etc. Den oberen Theil der Pariser Tertiär-Schichten bilden zwei verschiedene Formationen, die jedoch zur mittleren Abtheilung dieser Gruppe gerechnet werden. Es ist der Sandstein von Fontainebleau oder obere Meeressandstein, der sich durch seine Einschlüsse als Meeresbildung zu erkennen gibt, und der Mühlstein von Montmorency, das poröse Quarzgestein, welches eine Süßwasser-Ablagerung ist und das oberste Glied ausmacht. — Dieser unteren Abtheilung werden beigezählt das tertiäre Becken von London, in welchem plastischer Thon und Londonthon, letzterer als Stellvertreter des Grobkalkes, vorherrschend sind; die unteren tertiären Schichten von Boom in Belgien; der Monte Bolca mit seinen zahlreichen Fischresten; die Braunkohlen-Sandsteine und Thonen mit Braunkohlen bei Falkenau in Böhmen u. s. w.

Die mittlere Abtheilung dieser Gruppe, die man Tegel-Formation nennen könnte, besteht vorzugsweise aus Sand und Mergel, mit untergeordneten Sandsteinen und meistens aus Süßwasser abgesetzten Kalksteinen. Ihre organischen Einschlüsse stellen diese Abtheilung der folgenden näher als der vorhergehenden, indem sie mit jener namentlich eine große Zahl von Conchylien-Arten gemein hat. Unter ihren Conchylien sind schon 19 Procent lebende, die jedoch meistens in tropischen Strichen wohnen. Pachydermen und Wiederkäuer, welche unter den Säugethieren vorherrschen, zeigen noch viele ausgestorbene Geschlechter und lauter ausgestorbene Arten. Palaeotherium, Lophiodon, Acerotherium, Rhinoceros, Mastodon, Dinotherium u. s. w. gehören hierher. — Zu dieser Abtheilung werden verschiedene tertiäre Ablagerungen gerechnet: die von Bordeaux, welche aus thonigen Sandsteinen, blauem und gelbem Sand bestehen, in welchen eine große Menge von Fossilien vorkommen, die im Meere lebten. Darauf folgen Kies und Sand ohne Petrefakten und dann Süßwasser-Sandstein. Diese Bildung bei Bordeaux wird wegen ihrer Meeres-Conchylien als bezeichnend, als Typus betrachtet. Die Faluns der Touraine, die aus einer Menge von einzelnen kleinen Ablagerungen von Mergeln und mergeligem Sand bestehen, welche früher ein einziges Becken ausgemacht zu haben scheinen. Das Becken von Mainz, das besonders wegen seiner Einschlüsse von Süßwasser-Conchylien und Landthierknochen bemerkenswerth ist. Es ist hauptsächlich zusammengesetzt aus Schichten von Meeressand mit Conglomeraten von blauem

Mergelthon mit Kalkbänken und von Kalk, der mächtig ist und häufig See- und Süßwasser-Conchylien zugleich führt, sogenannter **Brackwasserkalk**, über diesem findet sich stellenweise Sand mit Ueberresten von charakteristischen Landsäugethieren: von Dinotherium, Acerotherium, Mastodon etc. Mit diesem Becken stehen offenbar die tertiären Bildungen in Verbindung, welche sich dem Maine aufwärts, namentlich in der Gegend von Frankfurt an beiden Ufern desselben zeigen, und besonders aus jenem Brackwasserkalke bestehen. Derselbe Kalk zieht nordöstlich bis tief in die Wetterau hinein, und liegt auf einem plastischen Thon, der an vielen Stellen sehr mächtige Braunkohlen-Lager umschließt, und dieser Abtheilung sich innig anschließt. Das **Becken von Wien**, dessen Unterlage ein weißer Sand bildet, auf dem zuerst mächtige Schichten eines blauen Mergels, **Tegel**, liegen, darauf folgt Sand, und dann wieder blaue sandige Mergel, die sehr petrefaktenreich sind. Letztere werden von einer mächtigen Kalk-Formation bedeckt, auf welcher stellenweise Süßwasserkalke, meistens aber Sand- und Kiesschichten liegen, in welchen sich Reste von Anthracotherium, Dinotherium, Mastodon u. s. w. finden. — Außerdem gehören noch hierher der Superga-Berg bei Turin; die tertiären Ablagerungen in Siebenbürgen und Galizien, in Polen, Podolien und Volhynien, in Maryland u. s. w.

Eine noch nicht ganz entschiedene Stellung nehmen die tertiären Ablagerungen in der Schweiz ein. Sie sind unter dem Namen **Molasse-Formation** bekannt, und erfüllen den Raum zwischen Alpen und Jura mit sehr mächtigen Massen, indem sie die nördlichen und nordwestlichen Vorberge von jenen bilden, und zuweilen bis zu 6000 Fuß ansteigen. Das Hauptgestein bildet die **Molasse** selbst, ein feinkörniger grauer Kalksandstein, der nicht selten Grünerde-Körnchen in seiner Masse in Menge umschließt, wodurch seine Farbe grünlich-grau wird. Die Mächtigkeit seiner Schichten ist sehr bedeutend, und letztere sind oft nur durch Zwischenlagen von Thon, Mergel und **Muschelsandstein** bemerkbar. Letzteres Gestein, welches besonders nach oben vorkommt, ist eine Molasse mit vielen Konchylien gemengt. An verschiedenen Stellen kommen untergeordnete Lager von Braunkohle, meist der sogenannten Moorkohle angehörig, auch Schichten von Stinkkalk vor. Mit der Molasse verbunden findet sich häufig ein Trümmergestein, die **Nagelflue**, welches hauptsächlich aus Rollstücken und Geschieben von Kalksteinen besteht, die durch ein Molasse- oder Kalk-Bindemittel mehr oder minder fest zusammengehalten werden; jedoch kommen auch Geschiebe von Granit, Diorit, Serpentin und anderen krystallinischen Gesteinen vor. Die Nagelflue wechsellagert theils mit Molasse, theils liegt sie auf letzterer, und erreicht eine Mächtigkeit von mehreren tausend Fußen. Jene schwankende Stellung der Molasse und Nagelflue ist darin besonders begründet, daß die in der ersteren vorkommenden Conchylien-Reste meistens in einem solchen Zustande sind, (oft erscheinen sie zerbrochen, oder es finden sich nur Kerne), daß eine genaue Untersuchung und eine zuverlässige Bestimmung unmöglich wird. Jedoch scheinen jene Gesteine sich mehr der Subapenninen-Formation wie den Tegel-Gebilden anzuschließen.

Die dritte Abtheilung dieser Gruppe, besonders aus Mergeln und Sand zusammengesetzt, findet sich in Italien am ausgezeichnetsten und mächtigsten entwickelt. Hier kommt eine Ablagerung vor, die, eine Reihe von Hügeln bildend, längs der ganzen Apenninenkette hin sich erstreckt und manchmal bis zu den bedeutenderen Höhen dieses Gebirges hinansteigt, und unter dem allgemeinen Namen **Subapenninen-Formation** bekannt ist. Sie wird als typische Bildung der oberen tertiären Meeres-Schichten betrachtet und besteht unten aus blauen und grauen Mergeln, die eine außerordentliche Menge von fossilen Con-

chylien einschließen, und oben aus Lagen von gelbem Sand, welche dieselben organischen Einschlüsse führen. Hie und da finden sich auch Süßwasser-Bildungen, die wahrscheinlich auf jenen Ablagerungen ruhen. — In diese Abtheilung gehören noch die tertiären Schichten von Palermo in Sicilien, von Perpignan und Landes in Frankreich; das Hessisch-Westphälische Becken, der Cray in Norfolk und Suffolk. Sehr verbreitet scheinen die oberen tertiären Ablagerungen in Amerika zu sein. Der Kalkstein von Albama, in welchem man in neuerer Zeit ein über 100 Fuß langes Gerippe eines zur Gattung Zeuglodon gehöriges Seeungeheuer auffand, dürfte hierher zu rechnen sein. — Ferner sind wohl noch mehrere Süßwasser-Bildungen hierher zu stellen, wie z. B. die bituminösen Süßwasser-Mergel von Oeningen, in welchen jene bekannten Reste von Riesensalamandern, Andrias Scheuchzeri, sich finden, welche Scheuchzer als von Menschen abstammend ansah, daher sein Homo diluvii testis, in welchen aber außerdem noch eine Menge von Pflanzen- und Thier-Resten vorkommen. Der Süßwasserkalk, mit Schieferthon und Polirschiefer wechselnd, von Bilin in Böhmen; der Süßwasserquarz von Littmitz bis Falkenau in Böhmen; der Süßwasserkalk von Steinheim in Württemberg u. s. w.

Lyell, Elements of Geology. London 1838. pg. 282. — Al. Brongniart, description géologique des environs de Paris. 2de éd. Paris 1822. — B. Studer, Beiträge zur Monographie der Molasse. Bern 1825. — Bronn, Ergebnisse meiner naturhistorisch-ökonomischen Reisen nach Italien. II Theile. Heidelberg und Leipzig 1832.

VIII. Gruppe. Diluvial-Gebilde.

Die Glieder dieser Gruppe haben im Allgemeinen einen noch geringeren Zusammenhalt, wie die der vorhergehenden; sie bestehen meistens aus Anhäufungen von Sand, Kies, Gruß, Geröllen und Geschieben, und wenig fest verbundenem Lehm und Löß, daher diese Gruppe auch die der Geschiebe, aufgeschwemmtes Land oder älteres Schwemmland genannt wird. Sie umfaßt übrigens die Ablagerung, welche nach den jüngsten Tertiär-Gebilden und vor denen niedergeschlagen wurden, die sich seit Anfang der historischen Zeiten in den Meeren, Seen, Flüssen und Sümpfen gebildet haben und noch bilden. Jene Ablagerungen erreichen nicht selten eine solche Mächtigkeit und Ausdehnung, daß wir sie nicht durch unsere heutigen Flüsse abgesetzt ansehen können, denn einmal vermögen diese nicht solche Strecken zu bedecken und dann konnten sie nicht zu solchen Höhen ansteigen, bis zu welchen wir jene zuweilen abgelagert finden. Aber wir sehen häufig neuere Ströme diese durchfurchen und Theile derselben losreißen, wegführen und an anderen Stellen wieder absetzen, wodurch dann die Unterscheidung der Diluvial- und Alluvial-Gebilde von einander sehr erschwert wird. Erstere sind von bei weitem größerer Verbreitung als letztere, sie erfüllen ganze Thäler und überdecken die Oberfläche mehr oder weniger ausgedehnter Ebenen. Eine große allgemeine Fluth scheint nach der Ablagerung der tertiären Gesteine noch einmal die bekannte Erde überströmt und Veranlassung zur Bildung und Anhäufung der ungeheueren Massen von losen Gesteinen gegeben zu haben, vielleicht hervorgerufen durch die Erhebung der höchsten Gebirge in und außer Europa, welche in jenen Zeitabschnitt fällt. Zugleich wurden die Spalten und Höhlen in den Gebirgen verschiedener Gegenden mit Knochen von Säugethieren, Trümmern von Gesteinen verschiedener Art und Schlamm erfüllt, und so die Knochenbrekzie gebildet. Von den Thierresten, welche in dieser Gruppe vorkommen, stimmen die Conchylien großentheils mit den Formen unserer noch jetzt lebenden Arten überein, obwohl letztere häufig nicht mehr in derselben Gegend wohnen, wo jene gefunden werden; die Säugethiere

dagegen stammen meist noch von ausgestorbenen Arten her. Ueberreste von Hirschen, Pferden, Ochsen, Mamuth und Nashorn sind sehr häufig im Diluvium, solche von Raubthieren, vorwaltend von Bären und Hyänen in Höhlen, zu welchen letzteren in Brasilien noch riesenhafte Katzen kommen. Im Diluvium Nordamerikas herrschen besonders die größten Dickhäuter, Mastodon giganteum und Elephas primigenius, und Edentaten, Megalonix Jeversoni, Mylodon Harlani u. s. w. vor. Einige dieser jetzt nicht mehr lebenden Thiere sind vielleicht erst in historischer Zeit ausgestorben.

Eine bestimmte Altersfolge der Gebilde dieser Gruppe ist noch nicht genau ermittelt, und bedürfen dieselben noch in jeder Hinsicht einer umfassenden Untersuchung. Lagen von Lehm und Mergel, manchmal auch von Thon, scheinen in vielen Gegenden die Unterlage der losen Schuttmassen zu bilden, die oben erwähnt wurden und im Allgemeinen vorherrschen. Land- und Fluß-Conchylien, Knochen von sehr verschiedenen Säugethieren; besonders von Elephas, Mastodon, Rhinoceros, Hippopotamus, Bos, Cervus, Equus u. s. w. werden in jenen verschiedenen Ablagerungen getroffen. Sehr bedeutend sind in manchen Landstrichen die Anhäufungen von Sand und Kies, von Geschieben und Geröllen, die nicht selten mit einander gemengt oder in Lagen wechselnd auftreten. Auch in diesen Diluvial-Gebilden werden die oben angeführten organischen Reste gefunden, doch wäre auch hier eine genaue Berücksichtigung der Lage, in welcher sie vorkommen, sehr zu wünschen, um eben hierdurch zu einer bestimmten Altersfolge der letzteren zu gelangen. Manche Ablagerungen der Art sind durch ihre Erzführung ausgezeichnet, andere durch die verschiedenen edlen Steine, welche man in ihnen findet. Gold und Platin, in Form von Staub, Sand, Körnchen, seltener von größern Geschieben, werden, besonders ersteres, in den Diluvial-Lagen vieler Gegenden getroffen. In dieser Beziehung sind besonders die Ablagerungen bemerkenswerth, welche am Rande des Urals in einer Längen-Erstreckung von beinahe 10 Breitegraden und in Sibirien vorkommen, aus welchen Rußland schon außerordentliche Quantitäten von Gold und Platin gewonnen hat. Hierher gehören ferner die Zinnerz-Niederlagen in Cornwall, Mexiko, auf der Insel Banka u. s. w. Brasilien, Ostindien, die Insel Ceylon sind bekannt wegen der verschiedenen Edelsteine, Diamant, Rubin, Saphir, Zirkon &c., welche man in den Diluvial-Gebilden dieser Länder trifft. — Ein eigenthümliches Gestein dieser Gruppe, der Löß, kommt in dem ganzen Rheinthale von Basel bis Bonn, aber nicht zusammenhängend verbreitet vor, sondern es findet sich besonders hinter Gebirgsvorsprüngen abgesetzt, und überhaupt da, wo die Wasser weniger strömend waren. Es liegt häufig auf Geröllen, steigt aber auch 300 Fuß und mehr an dem Gebirge in die Höhe und ruht dann auf verschiedenen älteren Gesteinen. Auch erreicht es stellenweise eine ziemlich bedeutende Mächtigkeit, führt Land- und Süßwasser-Conchylien in Menge, und besonders häufig Ueberreste von Mamuth.

In die Diluvial-Epoche fällt auch die Erfüllung trichterartiger Vertiefungen und anderer Weitungen im Jurakalke verschiedener Gegenden mit Eisenerzen oder Bohnerz, so namentlich in Württemberg, in der Schweiz, in Frankreich u. s. w., ferner die Bildung von Knochenbrekzien in Höhlen und Spalten. In vielen Ländern nemlich trifft man, und zwar vorzugsweise in den verschiedenen Kalkgebirgen, größere oder kleinere gewölbartige Räume, Höhlen, deren Boden mit Thon oder Lehm bedeckt ist, die mit Geröllen verschiedener Größe, mit Gestein-Bruchstücken aus der Decke der Höhlen herabgefallen und häufig mit einer großen Menge von Säugethierknochen gemengt sind. Der Letten, welcher letztere einschließt, ist bisweilen ganz schwarz gefärbt und fühlt sich dabei fettig

an, eine Folge der bedeutenden Einmengung von thierischer Materie. Häufig sind diese Lagen mit einer Kalktuffrinde bedeckt, aus welcher sich nicht selten, wie z. B. in den Fränkischen Höhlen, schöne Stalagniten erheben. Ebenso fehlen auch die Stalaktiten, welche von den Decken der Höhlen in den sonderbarsten Formen herabhängen, fast niemals, und beide Kalktuff-Absätze bilden sich noch fortwährend, indem sie aus dem durch Risse eindringenden Wasser, das den Kalk aufgelöst enthält, niedergeschlagen werden. In den meisten Höhlen ist jedoch auch das Wasser mit dem kohlensauren Kalke in alle Risse und Zwischenräume des Knochenthons eingedrungen, und hat hier eine wahre feste Knochen-Brekzie gebildet. Die Knochen liegen in derselben fast immer in der größten Unordnung durcheinander, sehr selten wurden ganze Skelette gefunden; sie sind mit einander gemengt und gehören den verschiedensten Thieren an. Viele Knochen sind zerbrochen, andere abgerollt und unkenntlich. Am häufigsten hat man, wie schon erwähnt, die Reste von Bären und Hyänen getroffen, jedoch kommen auch solche von anderen Raubthieren, von Wölfen, Füchsen 2c. vor; auch Reste von Nagern, Wiederkäuern und selbst von Dickhäutern wurden gefunden. Dürfen wir aus dem Zusammenvorkommen jener Knochen nur mit großer Vorsicht Schlüsse auf das Zusammenleben dieser Thiere und ihren gemeinschaftlichen Untergang ziehen, so ist das noch viel mehr der Fall in Beziehung auf den Menschen, von welchem man ebenfalls Ueberreste in einigen Höhlen, gemengt mit denen jener Thiere, getroffen hat. So fand man in der Höhle von Bise im Aude-Departement in dem Höhlenthon menschliche Ueberreste mit solchen von ausgestorbenen Säugethieren, mit Land- und Meeres-Conchilien mit Holzkohlen und zerbrochenen Töpferwaaren; ebenso auch in der Höhle von Pondre unfern Montpellier. Diese Thatsache berechtigt uns durchaus noch nicht zu der Annahme, daß das Menschengeschlecht Zeuge der letzten großen Umwälzung auf unserer Erdoberfläche gewesen, also schon vor der Diluvial-Periode vorhanden gewesen sei, denn einmal können solche Knochen später auf irgend eine Weise in jene Höhlen gekommen, und durch eingedrungenes Wasser mit den vorhandenen Thierresten gemengt worden sein, und dann hat man in anderen Diluvial-Ablagerungen weder einen menschlichen Knochen, noch viel weniger ein ganzes Skelett getroffen, was man doch wohl erwarten dürfte, wenn jene Annahme richtig wäre. — Eine besondere Art von Knochenbrekzie findet sich an vielen Stellen der Küste des Mittelmeeres, wie bei Gibraltar, bei Cette in Südfrankreich, bei Nizza, auch in Italien und Dalmatien, auf mehreren Inseln des griechischen Archipels 2c. Sie besteht aus zerbrochenen Knochen sehr verschiedenartiger Thiere, aus Gestein-Bruchstücken und Geschieben, welche durch ein kalkig-thoniges, meist eisenschüssiges Bindemittel zusammengehalten werden, und erfüllt mehr oder minder ausgedehnte Spalten, meistens im Kalkgebirge, entweder ganz oder theilweise. An dem Schloßberge von Nizza füllt solche eine große Spalte in einem festen brekzienartigen Dolomit. Der untere Theil der Spalte ist mit Geröllen angefüllt, die durch ein kalkiges Cement verbunden sind; der obere dagegen enthält die Knochenbrekzie mit rothem kalkigen Bindemittel. Die Wände dieser Spalte sind von Bohrmuscheln angegriffen, woraus hervorgeht, daß dieselbe längere Zeit offen unter dem Meeresspiegel gestanden haben muß, ehe sie erfüllt wurde, und daß später eine bedeutende Niveau-Veränderung eingetreten sei, indem die Knochenbrekzie gegenwärtig 500 Fuß über dem jetzigen Meeresspiegel vorkommt. Die Thiere, deren Knochen sich in solchen Brekzien gefunden haben, wurden zwar größtentheils auch in den Höhlen getroffen, allein die hier nur sparsam, welche dort häufig vorkommen.

Hierher gehören ferner die gefrorenen, mit Eis gemengten Sand- und

Schlamm-Massen im Norden Sibiriens und Amerikas, in welchen viele Ueberreste vorweltlicher Thiere vorkommen. Namentlich wurde in ersterem Lande am Ausflusse des Lena in das Eismeer 1799 ein Mamuth aufgefunden; aber erst 1804 trieb die Masse, welche eine Ausdehnung von einer Viertelmeile bei einer Höhe von 200—250 Fuß gehabt haben und mit einer 14 Zoll dicken Lage von Dammerde bedeckt gewesen sein soll, und in welcher das Thier aufrecht stehend stack, auf den Sand. Hier wurde der Elephant nach und nach von dem Eise entblößt. Sein Fleisch fraßen mehrere Thiere, das Skelett und Theile seiner Haut und Haare aber werden in Petersburg aufbewahrt. Früher schon war ein ganzes Rhinozeros mit Haut und Haaren im Sande am Ufer des Wiluji, der unterhalb Jakutsk in den Lena fällt, 100 Meilen vom Eismeere entfernt, gefunden worden. Ueberhaupt sollen an den Küsten des Eismeeres zwischen dem Lena und Colyma eine große Menge nicht nur von Elephanten und Rhinozerossen, sondern auch von Ochsen und anderen Thieren im Eise und gefrorenen Boden aufbewahrt sein. Auch in Nord-Amerika, in der Eschholz-Bai hat man Knochen von Elephanten, Pferden, Ochsen und Hirschen in gefrorenem Sand und Schlamm gefunden. — Diese Thatsachen machen es höchst wahrscheinlich, daß das Klima der genannten Länder zu der Zeit, als sie von jenen Thieren bewohnt wurden, wärmer gewesen sein müsse, wie es gegenwärtig ist; denn obwohl das dichte Wollhaar, womit die Mamuthe bedeckt waren, beweist, daß die diluvianischen Elephanten für ein kälteres Klima geschaffen waren, als die jetzt lebenden, so ist doch ein so ärmlicher Pflanzenwachsthum, wie er sich gegenwärtig in jenen Ländern findet, nicht geeignet, solche Thiere, wie Elephanten und Nashörner, die eine kräftige Vegetation zu ihrem Unterhalt erfordern, zu ernähren. Das Klima muß also zu jener Zeit ein höheres gewesen sein, was man wohl als eine allgemeine Thatsache vor, und noch im Anfange der Diluvial-Periode annehmen kann; denn viele Erscheinungen deuten darauf hin, wie z. B. das Vorkommen von Petrefakten, deren Geschlechter und selbst analoge Arten jetzt in wärmeren Gegenden wohnen, als die Orte sind, wo man sie eingeschlossen findet; erst später sank die Temperatur und hüllte die wahrscheinlich im sumpfigen Boden der nordischen Länder versunkenen Thiere in Eis ein, wodurch sie bis auf die jetzige Zeit erhalten wurden. Dieselben Ursachen, welche diese Temperatur-Erniedrigung bedingt haben, dürften noch andere Erscheinungen hervorgerufen haben, auf welche wir sogleich noch aufmerksam machen wollen.

In vielen Ländern liegen nemlich auf den diluvianischen Gebilden, manchmal auch in den oberen Lagen von Sand und Lehm eingeschlossen, oder auf den verschiedensten älteren Gebirgsarten Felsblöcke, sogenannte erratische Blöcke, Wanderblöcke, einzeln oder in großer Menge verbreitet, welche von entfernten Gegenden abstammen, von denen sie durch Ebenen von sehr großer Erstreckung, durch weite Thäler oder selbst durch tiefe Meere geschieden sind. Sowohl die Menge und die beträchtliche Größe mancher dieser Blöcke, als auch die Art ihres Vorkommens in Ebenen und auf Berggehängen haben schon vielfach die Aufmerksamkeit der Naturforscher erregt. So die vielen Geschiebe und Blöcke, welche sich in der großen Ebene finden, die sich durch Holland, Norddeutschland, Polen, bis tief in Rußland an die westlichen Abhänge des Urals hin erstreckt, und welche offenbar von den Skandinavischen und Finnischen Gebirgen abstammen, so die Blöcke in den Ebenen der Schweiz und auf den Abhängen des Juras, deren mineralogische Beschaffenheit beweist, daß sie von den Alpen herrühren. Hier ist gewöhnlich der Boden der Thäler häufig da, wo sie sich erweitern, mit mehr oder minder abgerundeten Geröllen bedeckt.

Diese haben meist eigenthümliche Gestalten; sie sind nemlich in der Regel nicht ganz rund, sondern auf einer Seite abgeplattet, oder sie haben an mehreren Stellen ihre ursprünglichen scharfen Kanten behalten, während sie nur auf einer Seite zugerundet erscheinen. Dabei ist ihre Oberfläche mit eigenthümlichen scharfen, aber gerade laufenden Streifen und Furchen versehen, wodurch sie sich von den gewöhnlichen Geröllen wesentlich unterscheiden. Neben diesen Geröllen kommen noch gewaltige Felsblöcke, sowohl auf dem Grunde als auf dem Gehänge jener Alpenthäler vor, deren Abstammung aus dem Hintergrunde der letzteren nicht bezweifelt werden kann. Manche dieser Blöcke haben eine bedeutende Größe, zuweilen 40 bis 50 Fuß im Durchmesser. Sie finden sich theils isolirt, zerstreut an einzelnen Stellen, theils zu mehreren aufeinander gethürmt, oder sie bilden selbst, mit Trümmern jeder Art, Gestalt und Größe verbunden, zusammenhängende Wälle. Diese ziehen sich entweder längs den Thalwandungen hin oder sie haben sich auf dem Thalgrunde von einer Seite zur andern, und zwar bogenförmig ausgebreitet, die konvexe Seite nach dem Ausgange des Thales gerichtet. Solche Schutthaufen sind in den oberen Theilen der Thäler, in der Nähe der Gletscher noch unbedeckt, weiter unten aber meist mit Dammerde und Vegetation überzogen, so daß zuweilen nur einzelne Theile größerer Blöcke hervorragen oder sie überhaupt nur an ihrer Form zu erkennen sind. — Eine andere Erscheinung, welche man in allen Alpenthälern, deren Wände aus festen Gesteinen gebildet werden, wahrnimmt, ist die, daß man bis zu einer gewissen Höhe nur zugerundete Felsformen, sogenannte Rundhöcker, findet. Diese sind auf ihrer Oberfläche geglättet, oft wahre Spiegelflächen, aber mit geradlinigen Ritzen und Streifen versehen, wie die vorher erwähnten Gerölle der Alpenthäler. Die Grenze der Rundhöcker nach oben läßt sich leicht an der eigenthümlichen Form der letzteren erkennen; jene tritt an dem oberen Ende der Thäler unter den Gletschern hervor, und senkt sich nach deren Mündung zu, nur sehr allmälig und weit weniger, wie die Thalsohle selbst. Die Kraft, welche diese Erscheinung bedingte, mußte also aus dem Hintergrunde jedes einzelnen Thales kommen.

Alle diese Verhältnisse ändern sich jedoch in der ebenen Schweiz, Schliffflächen und Ritzen fehlen und wir finden die Blöcke über die ganze Ebene verbreitet und oft noch bis zu 4000 Fuß, namentlich an den Gehängen des gegenüberliegenden Juras ansteigen. Die mineralogische Untersuchung dieser Blöcke und ihre Vergleichung mit den Gesteinen der Alpen haben die Beziehungen kennen gelehrt, in welchen dieselben hinsichtlich ihrer Vertheilung auf der Ebene zu den Ausmündungen der großen Alpenthäler stehen, und gezeigt, daß die in der oberen Schweiz verbreiteten Blöcke hauptsächlich aus fünf Thalmündungen hervorgegangen sind: aus dem Rhone-, Aar-, Reuß-, Linth- und Rhein-Thale. Jeder dieser Mündungen ist ein größeres oder kleineres Gebiet eigen, über welches die Blöcke verbreitet wurden, die aus denselben kamen. An den Grenzen zweier solcher Gebiete kommen zwar Mengungen vor, allein doch nur unbedeutend. Die einzelnen Gebiete sind durchaus unabhängig von einander, ja selbst ein einzelnes Gestein besitzt einen eigenen Verbreitungskreis innerhalb seines Gebiets; namentlich gehen, wie in den Alpenthälern selbst, die Gebirgsarten einer Seite nicht auf die andere über. Was ferner die vertikale Verbreitung der Blöcke betrifft, so hat man auch in dieser Hinsicht, besonders in dem Jura, gewisse Gesetze beobachtet. Sie nehmen vor allem eine bestimmte Höhengrenze ein, über welche sie nicht hinausgehen, wobei sie einen Bogen bilden, dessen höchster Punkt der Mündung des Thales gegenüber liegt, aus welchem sie hervorkamen. Jenes Niveau wird auch in den Binnenthälern des

Jura, in welche die Blöcke eingedrungen sind, festgehalten. Ferner wechselt die mineralogische Beschaffenheit der Blöcke je nach ihrer vertikalen Vertheilung und zwar so, daß eine Felsart um so höher am Jura ansteigend gefunden wird, je höher sie in den Alpen ansteht. Auch auf dem Jura sind überall geschliffene Felsflächen, auf denen gerade, scharfe Streifen eingeritzt sind, wo jene Blöcke getroffen werden.

Aehnliche Erscheinungen, wie die angeführten, hat man auch in Wales und Schottland, in den Pyrenäen, Vogesen u. s. w. beobachtet. Jedoch bieten die im Norden Europa's einige Eigenthümlichkeiten dar, welche hauptsächlich dadurch hervorgerufen sein dürften, daß die Verbreitung der Blöcke über eine außerordentlich große Ebene und wahrscheinlich zu der Zeit statt fand, als ein großer Theil jener Länder unter Wasser stand. Die Blöcke, welche man hier findet, gehören, wie schon bemerkt, den skandinavischen und finnischen Gebirgen an, und sind diese als der Mittelpunkt der Zerstreuung derselben anzusehen, von welchen aus diese in Strahlen in einem großen Halbkreis verbreitet wurden. Die Blöcke im nördlichen Rußland stammen alle aus Finnland, in Polen und Preußen findet man finnische Gebirgsarten schon mit schwedischen gemengt, und letztere nehmen immer mehr zu, je weiter man nach Westen kommt; in Holstein und Friesland treten norwegische zu den schwedischen, bis endlich erstere an der Ostküste von England und Schottland nur allein vorkommen. — In Schweden selbst stößt man auf ähnliche Findlinge; auch bilden sie hier, mit Kies, Sand und kleineren Geröllen gemengt, langgezogene Hügel oder Wälle, Asar genannt, die manchmal über 100 Fuß hoch sind, und von N.-N.-O. nach S.-S.-W., also in derselben Richtung streichen, in welcher sich die schwedischen Wanderblöcke bewegten. Jedoch zeigen jene Hügel Spuren von Schichtung und die in ihnen vorkommenden Blöcke sind meist zugerundet, selten scharfkantig.

Alle die berührten erratischen Phänomene haben die Geologen schon längst vielfach beschäftigt, und es wurden sehr verschiedene Ansichten über die Ursachen derselben aufgestellt, von denen in der neuesten Zeit besonders zwei die Oberhand behielten. Nach der einen waren es gewaltige Schlammströme, welche in den Alpen jene Erscheinungen bedingten. Durch die Emporhebung dieses Gebirges ergoß sich von den Gipfeln desselben eine ungeheure Wasserfluth, die Alles mit sich fortreißend zu einem Schlammstrome wurde, dessen Geschwindigkeit so bedeutend war, daß die Felsblöcke nicht zu Boden fielen, sondern bis zu den Stellen schwimmend getragen wurden, wo man sie gegenwärtig findet. Der anderen Ansicht nach waren es die Gletscher, welchen die erratischen Erscheinungen zugeschrieben werden müssen. Diese, welche jetzt noch in bedeutender Ausdehnung die höchsten Alpenthäler erfüllen, sollen einst großartiger gewesen sein, und sich nicht nur über die Ebene verbreitet, sondern dieselbe auch bis zum Jura bedeckt haben. Auf dem Rücken dieser gewaltigen Gletscher seien die erratischen Blöcke von dem Orte ihres Ursprungs in die Ferne getragen worden, gerade wie dies jetzt noch der Fall wäre; die erwähnten Wälle seien Seiten- oder End-Moränen von jenen früheren Gletschern, und von diesen auch die Rundhöcker und die gestreiften und polirten Flächen ebenso hervorgerufen worden, wie man dies heutiges Tages an den Gletschern beobachtet hat. Das gründliche Studium der Gletscher und der sie begleitenden Phänomene hatte, um die erratischen Erscheinungen in der Schweiz zu erklären, die Aufstellung dieser Gletschertheorie zur Folge. Diese stellt also fest, daß da, wo Rundhöcker, gestreifte Schliffflächen und geritzte Rollsteine mit erratischen Blöcken zusammen vorkommen, auch früher Gletscher vorhanden gewesen sein müßten,

und da sich diese Erscheinungen in der Schweiz überall bis zum Jura hin zeigten, so sei deren Entstehen früher vorhandenen Gletschern zuzuschreiben. Beobachte man nun dieselben Erscheinungen in anderen Ländern und Gegenden, so müssen diese auch durch die nämlichen Ursachen, wie in der Schweiz entstanden sein. Für die im Norden vorkommenden, früher schon bewährten Erscheinungen dürften, um sie zu erklären, noch andere Kräfte in Anspruch genommen werden müssen. Einige Geognosten halten die Verbreitung der erratischen Blöcke über die nordische Ebene für die Folge einer großen über die ganze Erde verbreiteten Ursache, während andere sie ebenfalls weit ausgedehnten Gletschern zuschreiben möchten. Eine dritte Ansicht gibt weder das Allgemeine der ersteren, noch das Specielle der zweiten allein zu; nach ihr deutet zwar im Norden Skandinaviens und Finnlands das Vorhandensein derselben Erscheinung wie in den Alpen auf die frühere Existenz ausgedehnter Gletscher hin, allein es sei nicht wahrscheinlich, daß sich dieselben über jene große Ebene, auf welcher sich die erratischen Blöcke zerstreut finden, ausgebreitet hätten. Sie sucht daher die Fortschaffung dieser Blöcke durch Eisschollen und Eisberge zu erklären, indem sie sich auf die Erscheinungen, welche heutiges Tages noch der hohe Norden bietet, stützt. Es ziehen sich nämlich in den Thälern der Polarländer Gletscher, mit Blöcken und Gesteinschutt belastet, bis in das Meer herab, wo häufig Theile derselben von ihnen losgerissen und von den Wellen fortgeführt werden. Solche schwimmende Eisberge, welche zuweilen 100 bis 200 Fuß aus dem Wasser hervorragen und manchmal jetzt noch bis zum 41 Grad nördlicher Breite treiben, lassen nach und nach die Blöcke und den Schutt auf den Meeresboden fallen. Aber auch durch Eisgang werden jährlich an den Küsten des Eismeeres und in den größeren nordischen Flüssen eine Menge kleiner und großer Blöcke, im Eise eingebacken, weit hinweggeführt. Berücksichtigt man nun, daß der Boden auf welchem die erratischen Blöcke der nordischen Ebene liegen, offenbar den Charakter eines meerischen Niederschlags trägt, so ist es wohl höchst wahrscheinlich, daß derselbe zur Zeit des Ausstreuens jener Blöcke noch Meeresboden war; daß ferner die Gletscher Skandinaviens und Finnlands in dieses Meer hineinragten und die Blöcke auf ähnliche Weise, wie oben angegeben, auf Eisbergen und Eisschollen weiter geführt und auf jenem Boden zerstreut wurden. Später hob sich derselbe allmähig empor und nur die Ostsee blieb von dem früheren weiten Meer übrig. Diese Erhebung des Bodens dauert übrigens in Schweden noch fort, was sich durch neuere gründliche Untersuchungen herausgestellt hat. Es zeigt sich also in dieser Erscheinung ein Uebergang der Diluvial-Periode in die historische Zeit, wie denn überhaupt eine strenge Grenze hier nicht gezogen werden kann.

Literatur. Rozet, sur le terrain diluvien de la vallée du Rhin, Journal de Géologie. Vol. I, pag. 25 etc. — Frommherz, geognostische Betrachtungen über die Diluvial-Gebilde des Schwarzwaldes ꝛc. Freiburg, 1842. — Fournet, sur le diluvium de la France. Lyon, 1843. — L. v. Buch, in den Abhandlungen der berliner Acad. d. Wissenschaften. Jahrgang 1815, S. 161 u. ff. und in Poggendorfs Ann. d. Phys. u. Chem. IX. Bd. S. 575 ff. — Klöden, Beiträge zur mineralogischen und geognostischen Kenntniß der Mark Brandenburg. 5. Stück. Berlin, 1832. — Agassiz, Etudes sur les glaciers. 1840. — B. Studer, Lehrbuch der physikalischen Geographie und Geologie. Bern, 1844. Kap. I. S. 192 ff.

IX. Gruppe. Alluvial-Gebilde.

Die obersten Lagen unserer Erde gehören meist den Gebilden dieser Gruppe an. Es sind vorzugsweise lockere Massen, deren Entstehen man von der Zeit an rechnet, als die Erdoberfläche ihre jetzige Gestalt im Allgemeinen annahm. Die Bildung derselben dauert jedoch immer noch fort, und liefert dadurch den

Beweis, daß jene, die Gestalt der Erdoberfläche, keine constante, dieselbe vielmehr steten Veränderungen unterworfen sei. Die Grenzen der Glieder der vorigen und dieser Gruppe sind eben so wenig hierdurch, als durch die Gesteinbeschaffenheit festzustellen, denn letztere ist oft sehr übereinstimmend, da die Gebilde der vorigen Gruppe sehr häufig das Material zur Bildung der Ablagerungen dieser Periode gegeben haben und noch geben. Die Entstehung der letzteren aber zu verfolgen ist sehr wichtig, indem uns dadurch manche Andeutungen geliefert werden, die uns zu Schlüssen über die Bildung älterer Ablagerungen Veranlassung geben. Eine nähere Betrachtung dieser Vorgänge soll jedoch dem folgenden Abschnitt vorbehalten bleiben.

Obwohl nun die Alluvial-Gebilde im Allgemeinen durch einen losen Zusammenhang, durch ein lockeres, manchmal erdiges Gefüge charakterisirt werden, so treffen wir doch auch zuweilen festere Gesteine, je nach der Art und Weise ihrer Entstehung. Diese beruht meistens auf der Verwitterung oder Zerstörung älterer Gebirgsarten, sei es durch mechanische oder chemische Kräfte, oder durch beide zugleich, und auf organischer Thätigkeit. Es gehören hierher die Anschwemmungen der Flüsse, die Ablagerungen des Meeres, die Niederschläge aus Wasser, besonders den Quellen, und die Anhäufungen organischer Massen. Alle diese Bildungen sind über die ganze Erdoberfläche verbreitet; überall bedingt und modificirt durch lokale Einflüsse, entstanden und entstehen sie fortwährend gleichzeitig nebeneinander. — Organische Ueberreste erscheinen nicht selten in dieser Gruppe; sie gehören den jetzt lebenden Thieren und Pflanzen an und zwar gewöhnlich solchen, die noch in derselben Gegend leben, auch sind sie gewöhnlich nur in geringem Grade verändert. Es können jedoch auch während der geschichtlichen Zeit Thiergeschlechter ausgestorben sein, was jedoch schwierig zu beweisen ist. Häufiger kann der Fall vorkommen, daß man Ueberreste von Thieren in einer Gegend findet, welche nicht mehr in derselben leben, ein Fall, für welchen namentlich die kultivirten Länder Europa's manche Beispiele liefern, denn wie viele dem Menschen schädliche Thiere wurden hier nach und nach von demselben verdrängt. Zuweilen finden wir die organischen Ueberreste dieser Perioden mit solchen früherer Epochen gemengt, nachdem diese aus älteren Schichten weggeführt wurden; und hier ist es auch, wo man Menschenknochen mit letzteren und mit verschiedenen Kunstprodukten gemengt getroffen hat, und daraus auf ein größeres Alter des Menschengeschlechts schloß. Allein Alles scheint darauf hinzudeuten, daß diese Periode sowohl mit dem Eintritt der Zonenunterschiede als mit dem Erscheinen des ersten Menschen auf der Erde beginnt. — Nicht selten werden auch in den Alluvial-Gebilden Produkte menschlichen Kunstfleißes getroffen, Geräthschaften, Werkzeuge, Waffen u. s. w.

Da, wie vorher schon bemerkt wurde, die verschiedenen Alluvial-Gebilde gleichzeitig nebeneinander in verschiedenen Gegenden entstehen können, so ist es nicht möglich, dieselben nach ihren Altersverhältnissen im Allgemeinen zu betrachten, sie sollen daher nach ihren Eigenschaften und der Art ihrer Entstehung zusammengestellt und kurz angegeben werden.

Bäche und Flüsse führen sowohl bei ihrem gewöhnlichen Laufe, als besonders auch bei ihren Anschwellungen und Ueberschwemmungen Sand- und Schlamm, Geschiebe und Rollstücke fort, welche von anstehenden Felsmassen nach und nach losgetrennt wurden, erfüllen Thäler damit, verändern ihr Bett, bilden Deltas an ihren Mündungen in das Meer, wodurch im Allgemeinen größere oder kleinere Ablagerungen von Lehm, Thon, Sand und Geschieben entstanden, die zuweilen in abgesonderten Schichten übereinander geordnet erscheinen. Auch das Meer lagert an verschiedenen Stellen seiner Küsten stets Theile ab, die es

weder an andern losgerissen hat, oder welche ihm von Flüssen zugeführt wurden; es bildet auf solche Weise Bänke von Geschieben, Geröllen oder Sand. Letztere, die Sandbänke, werden nicht selten zu Hügeln angehäuft, es entstehen Dünen. In einigen Gegenden werden mit diesen Meeresbildungen zugleich die im Meereswasser aufgelöst enthaltenen salzigen und erdigen Theile niedergeschlagen, wodurch jene eine größere Festigkeit erlangen, als dies bei den Ablagerungen der Flüsse der Fall ist. So wird z. B. der Sand an der Nordküste von Cornwall durch kalkige Theilchen gebunden, so daß er nach und nach zu einem festen Sandstein, dem jüngsten Meeres-Sandstein erhärtet. Aehnliche Bildungen finden an der Küste von Sizilien bei Messina statt. Selbst Geschiebe werden manchmal auf solche Weise zu einem Konglomerat verbunden, wie dies bei Livorno der Fall sein soll.

Neben diesen eben berührten Bildungen, welche vorherrschend mechanischer Entstehung sind, finden dabei auch fortwährend Absätze aus Wasser statt, besonders aus Quellen, die mehr chemischer Natur sind. Die Quellwasser erscheinen selten ganz rein, sondern sie enthalten meistens aufgelöste Substanzen der Gesteine, in welchen sie entstanden, oder welche sie zum Theil auch nur durchlaufen; und diese werden unter gewissen Verhältnissen niederschlagen, wodurch sich Absätze bilden, die zuweilen einen nicht unbeträchtlichen Umfang besitzen. Hierher gehören vor allem die Niederschläge von kohlensaurem Kalk, von Kalktuffen. Das Vorkommen dieses Gesteins ist ein sehr häufiges, besonders verbreitet ist es jedoch in Italien, wo der sogenannte Travertino zuweilen bedeutende Ablagerungen bildet; so z. B. bei Tivoli und dem Lago di Zolfo, wo er eine Mächtigkeit von mehreren hundert Fuß besitzt, ferner bei San Filippo, wo der Absatz vom Travertino so schnell vor sich geht, daß während 20 Jahren eine Schichte von 30 Fuß Mächtigkeit entstand. Welche beträchtliche Menge kohlensauren Kalkes den kalkhaltigen und Kalkgebirgen auf solche Weise jährlich durch das Wasser entzogen wird, ist augenscheinlich. Aber ein Theil desselben wird auch durch die Flüsse dem Meere zugeführt. Aus diesem werden ebenfalls hie und da Kalkmassen abgeschieden, was besonders an den Küsten mehrerer westindischer Inseln zu sehen ist. Auf Quadeloupe findet sich ein solcher Absatz, Riffstein, welcher Gerippe von Menschen einschließt, die man früher für antediluvianisch hielt. — Seltener enthalten Quellen Kieselerde, jedoch gibt es auch welche, die Kieseltuff in Menge absetzen. Sehr bekannt sind die Niederschläge der Art vom Geyser auf Island; ebenso setzen die heißen Quellen der Bäder von Mont Dor in Südfrankreich, die von Furnas auf St. Miguel, einer der azorischen Inseln, Kieseltuff in Menge ab. — Andere Quellen schlagen Eisen nieder, woraus sich, besonders in sumpfigen und nassen Gegenden, nach und nach der Raseneisenstein, Limonit, bildet. Dieser besteht hauptsächlich aus Eisenoxyd-Hydrat, dem Phosphorsäure, wie es scheint, in verschiedenem Verhältnisse beigemengt ist, die aus der Fäulniß organischer Stoffe gebildet wurde; auch Eisenoxydul und Manganoxyd findet man in demselben, oder es sind ihm Thon, Sand, Gerölle verschiedener Gebirgsarten beigemengt, zuweilen zu einem festen Ganzen verkittet. Nach der Lokalität, wo sich derselbe ablagerte, hat man denselben Sumpf-, Wiesen- oder Morasterz genannt. Im südlichen und mittleren Schweden wird auf dem Grunde vieler Landseen Raseneisenstein, Seeerz, abgesetzt. Uebrigens dauert die Bildung dieser verschiedenen Raseneisensteinen an vielen Orten noch fort. — Einige Quellen, Bäche und Landseen schlagen Salze verschiedener Art nieder, unter welchen besonders die Absätze von Steinsalz bedeutend sind. Dies findet hauptsächlich in

manchen Steppen und südlichen Gegenden statt, wo das Verdunsten des Wassers der Salzseen sehr stark ist, das Salz sich konzentrirt und an seichten Stellen absetzt. Manche Seen trocknen auch im Sommer gänzlich aus und lassen das Salz als kristallinische Kruste auf dem Boden zurück. Kein See zeigt interessantere und für die Bildung von Steinsalzlagen bemerkenswerthere Erscheinungen, wie der Eltonsee in den Kirgisensteppen, zwischen der Wolga und dem Uralflusse, worauf wir im zweiten Abschnitte zurückkommen werden. — Endlich bringen auch manche Quellen Naphtha und Erdöl zu Tage, welches letztere besonders sich nach und nach zu einer festen Masse, dem Asphalt, gestaltet.

Durch Anhäufung thierischer und pflanzlicher Reste wurden ebenfalls Alluvial-Gebilde erzeugt. So entstehen jetzt noch, wie in früheren Zeiten, Ablagerungen durch Infusorien; in der Lüneburger Haide wie in Berlin sind Lagen der Art vorhanden. — Im stillen und indischen Ozean, so wie im rothen Meere haben Polyparien einigen Antheil an der Entstehung von Inseln und Riffen; die oberen Theile der sogenannten Koralleninseln und Korallenriffe werden durch sie gebildet. — Bänke von Meeresmuscheln werden in einigen Gegenden getroffen, theils am Ufer des Meeres, theils mehr oder weniger entfernt von demselben, manchmal nicht unbedeutend über das Niveau der Wasserfläche erhoben. — Ferner kommen an verschiedenen Stellen der Küste von Großbritannien und Nordfrankreich unter dem Wasserstrande der Meeresfluth Anhäufungen von Holz und anderen vegetabilischen Ueberresten vor, welche mit den jetzt dort wachsenden völlig übereinstimmen, und die man untermeerische Wälder genannt hat; eine Erscheinung, die vielleicht in der Senkung des Landes in Folge von Erdbeben, oder in Erdschlupfen ihren Grund haben dürfte. Solche Anhäufungen kommen z. B. an der Küste von Lincolnshire vor, und bestehen aus Wurzeln, Stämmen, Zweigen und Blättern von Bäumen (Birken, Fichten, Eschen 2c.) und Sträuchern, gemengt mit Wasserpflanzen. Viele Wurzeln befinden sich in ihrer natürlichen Stellung, während die Stämme umliegen. Das Holz ist meistens etwas verändert und zusammengedrückt, weniges beinahe noch ganz frisch. Aehnliche untermeerische Wälder erstrecken sich an den Küsten des Firth of Forth in Schottland mit einigen Unterbrechungen zwei Meilen weit. — Hierher gehört auch der Torf, der aus abgestorbenen Pflanzen, namentlich aus Moosen, Tangen u. s. w. besteht, welche innig mit einander verwebt, zusammengepreßt und, eigenthümlich modifizirt, zu einer erdig-kompakten oder filzartigen Substanz geworden sind. Die Torfbildung geht noch immer vor sich, wie das viele Stellen beweisen, besonders das Alt-Warmbrücher Moor bei Hannover, das zum zweitenmale abgestochen wird. Der Torf, der dort eine Lage von 10 bis 12 Fuß Dicke bildet, von welcher jedoch nur 8 Fuß hinweggenommen werden, hat sich erweislich in 50 Jahren wieder erzeugt, und seit 30 Jahren ist eine neue Torfdecke von 4—6 Fuß entstanden. Der Torf erzeugt sich besonders da, wo in flachen, becken- oder kesselförmigen Vertiefungen sich stagnirende Wasser bilden, Sümpfe entstehen; Wasser- und Sumpfpflanzen, welche hier vegetiren, gegen den Winter hin absterben und zu Boden sinken, werden nach öfterer Wiederholung dieses Vorganges zu einer schwärzlich-braunen, breiartigen Masse, dem Torfmoore, zersetzt, die immer dichter, zuletzt zu einer festen Substanz wird. Die Verschiedenheit des Torfes beruht nun auf der größeren oder geringeren Dichtigkeit seiner Masse, welche besonders durch die mehr oder minder weit vorgeschrittene Zersetzung der Pflanzentheile bedingt wird. In einigen Torfmooren sind die Pflanzen noch deutlich erkennbar, während in anderen dieselben so verwest und umgewandelt erscheinen, daß keine organische Struktur mehr zu erkennen ist. Diese Torfarten sind es besonders, welche sich an die

Braunkohle, namentlich die Moorkohle anschließen, und deren Bildungs-Prozeß uns manchen Aufschluß über die Entstehung der Braunkohlen-Lagen geben können. Nicht selten sind dem Torf Thon, Kalk oder Sand beigemengt, auch Eisenkies oder Blau-Eisenerde. In manchen Torfmooren findet man Wurzeln, Stämme und andere Theile verschiedener Bäume; auch Land- und Sumpfschnecken, Knochen oder ganze Gerippe vierfüßiger und anderer Thiere, selbst Skelette von Menschen wurden getroffen; die Kleidung, in welcher letztere zuweilen noch stacken, dann die Münzen, Waffen und Hausgeräthe, welche man ebenfalls fand, lassen auf ein bedeutendes Alter mancher Torfmoore schließen.

Das jüngste Gebilde dieser Gruppe, zu dessen Bildung sich gleichsam alle jene Thätigkeiten vereinigen, das zugleich die allgemeinste Verbreitung besitzt, ist die Dammerde. Sie ist ein Gemenge von organischen und anorganischen Materien, hervorgegangen aus der Zertrümmerung und Verwitterung der verschiedenartigsten Gesteine und der Zersetzung organischer Substanzen. Aus letzteren geht ein Hauptbestandtheil der Dammerde, der Humus hervor, welcher hauptsächlich auf die Vegetation den größten Einfluß zu üben scheint. Auf die Bildung der Dammerde hat in vielen Ländern die Kultur sehr bedeutend eingewirkt, jedoch bleiben stets die anorganischen Substanzen die Grundlage derselben, und nach dem Vorherrschen des einen oder anderen Bestandtheils werden die Bodenarten eingetheilt. Man unterscheidet im Allgemeinen Sand-, Thon- und Kalkboden, durch deren Mengung vielfache Abänderungen hervorgerufen werden.

Literatur. Die neuen Veränderungen der anorganischen Welt, von C. Lyell, aus dem Englischen von C. Hartmann. Weimar, 1841. — Freiesleben, geognostische Arbeiten. V. S. 216. — Wiegmann, über Entstehung, Bildung und Wesen des Torfes. 1837. — Ehrenberg, die fossilen Infusorien und die lebendige Dammerde. Berlin 1837.

B. Schiefer-Gesteine.

Früher schon wurde darauf hingewiesen, welche verschiedene Ansichten man über die Entstehung der krystallinischen Schiefer-Gesteine habe, und wie dieselben eben durch die Art und Weise ihres Vorkommens, durch ihre Beziehungen zu den Schicht- und Massen-Gesteinen hervorgerufen worden seien. Diesen schließen sich dieselben nemlich durch ihre mineralogische Beschaffenheit und ihren Mangel an organischen Ueberresten, jenen durch ihre Struktur, ihre Schieferung, an. Eine bestimmte Reihenfolge der Schicht-Gesteine nach Altersverhältnissen anzugeben, ist kaum möglich, da dieselben in ihrem Zusammenvorkommen sehr wechseln. Jedoch hat man im Allgemeinen den Gneiß als das unterste Schiefer-Gestein beobachtet, durch welchen letztere, mittelst seiner am deutlichsten ausgesprochenen krystallinischen Struktur, in Verbindung mit den Massen-Gesteinen gebracht werden; auf ihn folgt der Glimmerschiefer und zu oberst der versteinerungsleere Thonschiefer, welcher sich meistens an die ältesten Sediment-Gesteine am innigsten anschließt. Diese drei Gebirgsarten werden auch als die Hauptglieder der Schiefer-Gesteine betrachtet, und von ihnen herrscht in der Regel eines vor, dem die anderen untergeordnet sind, indem es geringer mächtige Lagen derselben umschließt. Zu solchen Schiefer-Gesteinen gehören ferner noch Chlorit-, Talk- und Hornblende-Schiefer, die mit jedem der angeführten häufig auftreten, während Itakolumit, Eisenglimmer-, Quarz-, Kiesel- und Alaun-Schiefer mehr an einzelne jener Gesteine gebunden sind. Auch Lager von körnigem Kalk und Dolomit treten zwischen den krystallinischen Schiefern auf. So finden wir dem Gneiß untergeordnet Quarz-, Glimmer-,

Talk-, Chlorit- und Hornblende-Schiefer, körnigen Kalk und Dolomit; dem Glimmerschiefer: Gneiß, Talk-, Chlorit-, Quarz-, Thon- und Hornblende-Schiefer, körnigen Kalk und Dolomit; dem Thonschiefer: Quarz-, Kiesel-, Alaun- Hornblende-, Talk- und Chlorit-Schiefer, feinkörnigen Kalkstein und Dolomit.

Die Hauptmasse sehr vieler Gebirge besteht aus krystallinischen Schiefern, so finden wir dieselben z. B. sehr mächtig auftreten in den Alpen, im Erzgebirge, Riesengebirge, Schwarzwald u. s. w. Zuweilen bilden Massen-Gesteine den Kern eines Gebirges, um welchen sich die Schiefer-Gesteine mandelförmig gelagert und vielfach von diesen durchbrochen und durchsetzt zeigen. Häufig ist auch ihre Schieferstruktur sehr gebogen und gewunden und überhaupt im Allgemeinen mehr gestört, als die der Schichtgesteine. Uebrigens machen sie am häufigsten die Unterlage der Sedimentgesteine aus, denen sie, mit wenigen Ausnahmen, im Alter vorgehen.

C. Massen-Gesteine.

Auch über die Verschiedenheit der Massen-Gesteine und deren Lagerungs-Verhältnisse wurde früher schon im Allgemeinen das Wichtigste angeführt. Es soll daher hier noch kurz nachgewiesen werden, welches specielle Vorkommen die Hauptgesteine dieser Abtheilung wahrnehmen, und welche Schlüsse sich darauf hinsichtlich ihres Alters gründen lassen. Die Erscheinungen, die solche Betrachtungen unterstützen, wurden ebenfalls schon erwähnt. Hierher gehört besonders die eigenthümliche Art und Weise des Auftretens der Massen-Gesteine, wodurch sie mit allen geschichteten Ablagerungen in Berührung kommen, aber einige nur mit den ältesten, andere steigen weiter herauf und finden sich selbst mit den jüngeren und jüngsten in solchen Beziehungen. Kein Phänomen ist aber geeigneter, das Hervortreten der krystallinischen massigen Gesteine deutlicher zu beweisen, als das Vorkommen derselben auf Gängen. Diese Art der Lagerung läßt für dieselben keine andere Erklärung zu, als daß sie in einem erweichten, theilweise wahrscheinlich flüssigen Zustande die Spalten und Klüfte in den über ihnen liegenden Gesteinen, welche entweder schon vorhanden waren, oder von ihnen gewaltsam gebildet wurden, von unten aus erfüllt haben. Bei manchen Gesteingängen läßt sich der Zusammenhang mit größeren Massen derselben Beschaffenheit deutlich nachweisen, wo dies aber nicht der Fall, und wo die Ausdehnung dieser Gesteine so beträchtlich ist, daß man die Gangnatur nicht so leicht an denselben zu erkennen vermag, müssen wir demnach allen diesen Gesteinen eine gleichartige Entstehung zuschreiben. Da nun alle Massen-Gesteine sowohl zwischen den geschichteten und schieferigen Gesteinen, als auch in einander Gänge bilden, so muß die Art ihrer Entstehung eine gleiche sein, wenn auch einige derselben in größerer Ausdehnung auftreten. Diese angedeuteten Verhältnisse sind nun vorzüglich zu beachten, wenn man die Altersverhältnisse der Massen-Gesteine, wenn auch nur annährend, bestimmen will. Nach der mineralogischen Beschaffenheit derselben, und nach der Höhe, bis zu welcher sie in den geschichteten Gesteinen emporsteigen, lassen sich gewisse Gruppen derselben bilden, welche einer Epoche der Entstehung angehören dürften. Im Allgemeinen kann man folgende Gruppen der Art annehmen:

1) G r a n i t, nebst seinen Abänderungen, wie Pechmatit, Protogin, Greisen, Miaszit &c. mit S y e n i t, Granulit und Topasfels. Sie sind alle quarzführend. Der Granit bildet besonders große Gebiete, auch trifft man ihn häufig gangförmig, sowohl in Granit als auch in Syenit. Letzterer ist ebenfalls zuweilen von großer Verbreitung. Alle die angeführten Gesteine gehören einer großen

Eruptionsperiode an, deren Dauer sich jedoch nicht über die Glieder der ersten Gruppe der Schicht-Gesteine hinaus erstrecken dürfte, da alle Angaben über ein jüngeres Alter der Granite genauerer Prüfung bedürfen. Die Bildung von Reibungsconglomeraten kommt hier nicht vor.

2. Feldstein-Porphyr (Thonstein-Porphyr), Pyromerit, Pechstein (Pechstein-Porphyr), Porphyr-Brekzie und Conglomerat. Auch bei diesen Gesteinen macht der Quarz einen wesentlichen Bestandtheil aus. Sie kommen meistens auf Gängen vor, und obwohl sie manchmal auch in ziemlich beträchtlichen Massen auftreten, so erreichen sie doch nie die Ausdehnung, wie die Granite, welchen sie mineralogisch so sehr verbunden sind, denn sie stellen sich in manchen Abänderungen gleichsam als ein Granit dar, dessen Bestandtheile nicht zu gehöriger Ausscheidung und Ausbildung kamen; auch findet man Uebergänge beider Gesteine in einander. Die Feldstein-Porphyre stiegen wahrscheinlich in weniger flüssigem Zustande empor, oder erhärteten schneller, weil ihre Masse nicht so bedeutend war, deßwegen auch leichter erkaltete, wodurch die Ausscheidung der Bestandtheile gehemmt, ja zuweilen selbst ein glasartiger Zustand, wie beim Pechstein, bedingt wurde. Sie durchsetzen übrigens Granite und Syenite, von welchen sie nicht selten Bruchstücke einschließen, dringen durch die Schiefer- und Schicht-Gesteine bis in das Rothe-Todtliegende ein, mit welchem sie durch ihre Conglomerate in der innigsten Beziehung stehen.

3. Diorit, Aphanit, Gabbro, Hornblende-Gestein 2c. Sie führen keinen Quarz. Sie bilden selten große zusammenhängende Gebiete, obwohl sie sehr häufig und in den verschiedensten Ländern vorkommen. Sie steigen in mehr oder minder bedeutenden Gängen bis in das Roth-Liegende empor, finden sich aber besonders häufig zwischen Thonschiefer. Auch werden sie nicht selten begleitet von Mandelsteinen und Conglomeraten. Der Serpentin möchte ein umgewandelter Diorit sein. Ihr Emporsteigen fällt mit dem der Feldstein-Porphyre zusammen.

4. Augit-Porphyr mit seinen Abänderungen. Derselbe ist von ziemlich großer Verbreitung, doch bedürfen die ihm beigezählten Gesteine noch einer genaueren Untersuchung. Er kommt zum Theil in mächtigen Massen, zum Theil in Gängen vor, die manchmal nur von geringer Dicke sind. In letzterer Weise durchsetzt er im Plauen'schen Grunde den Syenit, während sein Auftreten im Fassathale ersterer Art ist, wo er bis zum Muschelkalk empordringt und ändernd auf denselben eingewirkt hat; ja es sollen auch Glieder der Jura-Gruppe von ihm berührt werden. Hier kommen auch nicht selten Tuffe und Conglomerate, die ihn begleiten, vor. In der Krim soll er sogar zwischen Jurakalk und Kreide auftreten.

5. Basalt, Dolerit, Nephelinfels, verschlackter Basalt, basaltische Wacke, Basalttuff 2c. Die Basaltgesteine bilden theils einzelne Gebirgszüge oder Gruppen, auch durchbrochene Plateau's, mit kegelförmigen Kuppen, selbst zackigen und zerrissenen Felsformen, unabhängig von andern Gebirgsketten, theils kommen sie in isolirten Kegelbergen vor, durchsetzen in Gängen die verschiedensten Gesteine, so daß sie in den geschichteten bis zu den jüngsten Gliedern der Tertiär-Bildungen, ja sogar, wie es scheint, bis zu den ältesten der Diluvial-Periode in die Höhe steigen. Nicht selten läßt sich eine reihenartige Vertheilung basaltischer Berge, und zwar auf weite Erstreckung verfolgen. Auch findet man hie und da deutliche Krater, mit welchen zuweilen, wie z. B. am Puy de Chalousset in der Auvergne, Basaltströme verbunden sind, die sich durchaus wie die jetzigen Lavaströme verhalten. Sie nehmen in einem Schlackenkrater ihren Anfang, erstrecken sich weit in die Thäler hinein, oft mit bedeutender Mächtigkeit, u-

sind nicht selten mit Schlacken bedeckt. Sehr häufig begleiten auch Conglomerate die basaltischen Gesteine; einzelne Berge derselben sind manchmal selbst mantelförmig von denselben umgeben, so daß der Basalt den inneren festen Kern ausmacht. Die Beschaffenheit dieser basaltischen Conglomerate ist sehr verschiedenartig, was jedoch von der Manchfaltigkeit der Gebirgsmassen herrührt, die der Basalt bei seinem Emporsteigen durchbrach, und die dann an der Bildung solcher Gesteine Antheil nahmen. Bei keinem Gestein sind die verschiedenartigen Einwirkungen auf die Nebengesteine so deutlich zu erkennen, wie bei den Basalten. Besonders interessant ist in dieser Hinsicht die säulenförmige Absonderung, welche sie jenen zuweilen gleichsam aufdrücken, eine Eigenthümlichkeit, welche sie selbst in so ausgezeichneter Art aufzuweisen haben. Die Epoche der Basalt-Bildung scheint hauptsächlich während der Ablagerung der Tertiär-Gesteine, wahrscheinlich erst gegen Ende derselben stattgefunden zu haben. Jedoch dürfte dieselbe von langer Dauer gewesen sein, indem wir nicht nur Basaltgänge in Basalten treffen, sondern auch mächtige Massen dieses Gesteins übereinander abgelagert finden, wobei manchmal die Erscheinung zu beobachten ist, daß die Oberfläche der unteren Masse eine bedeutende Verwitterung zeigt, woraus sich wohl auf die Länge des Zeitraums schließen läßt, der verfloß zwischen der Bildung der unteren und der oberen Lage.

Von den Laven unterscheiden sich die Basalte besonders durch ihren Wassergehalt; ein Bestandtheil, den man einer zeolithischen Beimengung des Gesteins zuschreibt. Allein dieser Wassergehalt ist gewiß nicht ursprünglich dem Gestein eigen, sondern wurde demselben erst durch lang andauernde Einwirkung des Wassers mitgetheilt. Es durfte nur der eine Hauptbestandtheil des Basaltes, der Labradorit, Wasser aufnehmen, so entstand dadurch ein Zeolith, der Mesotyp, der gerade häufig in den Basalten nachgewiesen worden ist. Schreitet dieser Prozeß der Veränderung weiter vor, so gibt er sich durch den erdigen, thonigen Charakter der Masse zu erkennen, es entsteht die sogenannte Wacke, ein Produkt der Zersetzung der Bestandtheile des Basalts, des Labradorits und des Augits. Deutlicher läßt sich dieser angedeutete Vorgang bei den Mandelsteinen beobachten, wo die ausgeschiedenen Substanzen in den Blasenräumen Raum hatten, sich anzusammeln und festzusetzen, und gerade hier finden wir dann verschiedene Quarzarten, die meisten Zeolithe, auch Kalkspath ꝛc. Bei Rüdigheim in der Wetterau kann man diesen Umwandlungsprozeß des Mandelsteins bis zum Entstehen eines ganz weichen plastischen Thons verfolgen. In Laven finden wir in der Regel keine Zeolithe, nur in sehr alten scheinen sie vorzukommen, welche Erscheinung gerade für das hohe Alter solcher Laven sprechen möchte.

5. Phonolith. Er kommt unter ähnlichen Verhältnissen wie der Basalt, jedoch weit seltener als dieser vor. Im Allgemeinen scheint er jünger wie dieser zu sein, denn obwohl er in Gängen den Basalt durchsetzend getroffen wird, so ist doch der umgekehrte Fall häufiger. Der Phonolith bildet kegelförmige Berge, mit oft sehr steilen und schroffen Abhängen, an deren Füßen nicht selten Ablagerungen von Conglomeraten getroffen werden. Er ist häufig plattenförmig abgesondert, und sein Wassergehalt ist gewiß auf ähnliche Weise zu erklären, wie beim Basalt.

6. Trachyt und seine Abänderungen. Die Trachyte bilden Dome und einzelne Berge von mehr oder minder vollkommener Kegelform, die zuweilen aneinander gereiht zu langgedehnten Ketten sich verbinden, wie dieß z. B. die Kette der Puys in der Auvergne zeigen. Diese Berge besitzen nicht selten einen bedeutenden Umfang und steigen zu beträchtlicher Höhe an. Bemerkenswerth ist die Verschiedenheit der Trachyt-Abänderungen, die oft in ein und demselben

Trachytgebirge vorkommt, und zwar so, daß die Masse des einen Berges von der des andern sehr abweicht, obwohl beide Berge neben einander liegen; ein Beispiel der Art geben der Drachenfels und die Wolkenburg im Siebengebirge. Auch in Gängen kommt der Trachyt vor, aber sehr selten hat er eigentliche Ströme gebildet. Manche Trachyte werden von Basaltgängen durchsetzt, gehen also diesen im Alter vor, jedoch findet auch der umgekehrte Fall statt, so daß wir deren Bildungsepoche mit den Basalten, vielleicht nur mit den jüngeren, und dem Phonolith zusammenstellen müssen; da jedoch trachytische Gesteine sehr häufig das Grundgebirge jetzt noch thätiger Vulkane oder solcher Gegenden ausmachen, in welchen sich zwar nur Spuren erloschener, aber doch ächt vulkanischer Thätigkeit finden; da ferner der mineralogische Charakter mancher Trachyte und Laven so übereinstimmt, daß letztere nur geflossene Trachyte zu sein scheinen, der Zusammenhang also unverkennbar ist, in welchem diese Gesteine mit der jetzigen vulkanischen Thätigkeit steht, so wird man auch das Alter der Trachyte im Allgemeinen als ein jüngeres wie das der Basalte annehmen können. Sie scheinen gleichsam das vermittelnde Glied zwischen der vorgeschichtlichen und der jetzigen vulkanischen Thätigkeit zu sein.

7. Lava mit ihren verschiedenen Abänderungen und Tuffen. Alle Gesteine, welche noch jetzt in heißflüssigem Zustande aus Vulkanen hervorbrechen, werden Laven genannt, jedoch rechnet man auch diejenigen Massen hierher, von welchen sich eine gleiche Entstehung in früheren Zeiten bestimmt nachweisen läßt, bei welchen man deutlich verfolgen kann, daß sie, dem Innern der Erde entquollen, stromartig sich verbreitet haben. Denn es ist sehr schwer, oft kaum möglich, zwischen jetzt noch thätigen und erloschenen Vulkanen einen bestimmten Unterschied aufzustellen, da ein Vulkan, der während der geschichtlichen Zeit keine nachweisbare Thätigkeit gezeigt hat, plötzlich eine solche entwickeln und diese in vulkanischen Eruptionen äußern kann. Es ist bekannt, daß die erste Eruption des Vesuvs im Jahr 79 nach Christus stattfand, während von einer Thätigkeit dieses Vulkans vor dieser Zeit durchaus keine geschichtliche Nachrichten vorhanden sind, wiewohl auf eine solche aus der ganzen Bildung des Berges, aus der Beschaffenheit der älteren Gesteine, die ihn umgeben, und aus der Art und Weise des Auftretens derselben mit aller Wahrscheinlichkeit geschlossen werden kann. Außer dem Vorkommen der Laven in Strömen finden wir dieselbe auch in Gängen, indem sie Spalten in den Seitenwänden der Vulkane erfüllt.

Aus dieser Betrachtung der Massengesteine ergibt sich, daß wir auch bei diesen keine streng abgeschlossenen Bildungs-Epochen annehmen können, indem dieselben an den Grenzen, welche wir in dieser Beziehung zu ziehen vermögen, nicht nur gegenseitig ineinander übergreifen, sondern manche auch eine gleichzeitige Entstehung wahrnehmen lassen. Nur im Allgemeinen lassen sich, wie eben geschah, die Altersverhältnisse dieser Gesteine auffassen. In dieser Hinsicht können wir selbst den mineralogischen Charakter der Massen-Gesteine in Betrachtung ziehen, indem die quarzführenden im Durchschnitt für älter zu halten sind, als die quarzfreien, und bei diesen gehen die Hornblende haltenden den augitführenden oder nur aus feldspathartigen Mineralien bestehenden im Alter vor.

Schließlich wollen wir hier noch einige Bemerkungen über die Gänge, besonders über deren Ausfüllungs-Massen folgen lassen, da das Eigenthümliche dieser Art der Lagerung früher schon berührt wurde. Auch haben wir schon bemerkt, daß man Gestein-, Mineral- und Erz-Gänge unterscheide. Erstere sind Erfüllungen von Spalten durch Massen-Gesteine, eine Art des Vorkommens derselben, welche im Vorhergehenden angedeutet wurde. Alle diese Gänge entstanden, indem jene Gesteine Spalten im heißflüssigen Zustande erfüllten

hier erkalteten; eine Ansicht der Bildung derselben, welche jetzt allgemein angenommen und durch das fortdauernde Entstehen von Laven-Gängen auf solche Art mächtig unterstützt wird. Anders verhält es sich in dieser Hinsicht mit den Mineral- und Erz-Gängen, deren Entstehung zu erklären mehrere Theorieen hervorgerufen hat. Mineral-Gänge sind solche, deren Ausfüllungsmasse aus nichtmetallischen Substanzen besteht, wie z. B. aus Barytspath, Kalkspath, Quarz 2c., während die der Erz-Gänge entweder nur von einem Erz, was jedoch selten der Fall ist, oder von einem Gemenge verschiedener Erze mit nichtmetallischen Mineralien gebildet wird; letztere nennt man dann Gangarten. In der Regel herrscht die Gangart vor, und die Erze sind nur die Begleiter derselben, indem sie oft nur einen sehr geringen Theil der Ausfüllungsmasse ausmachen. Dennoch werden diese Gänge nach der Natur der vorherrschenden Erze, oder der Metalle, welche man aus ihnen gewinnt, Silber-, Kupfer-, Eisen-Gänge 2c. genannt. Die Art der Verbindung der Erze mit der Gangart ist sehr manchfaltig: theils liegen sie in unförmlichen Theilen über- und nebeneinander, theils wechseln sie in Streifen miteinander ab, oder die Erze sind fein eingesprengt in der Gangart, oder endlich sie erfüllen kleinere und größere Räume in derselben. Das Nebengestein dieser Gänge ist meistens bis auf eine gewisse Entfernung von ihnen mehr oder minder verändert, es zeigt sich zerklüftet, erdig und weich, indem die gewöhnliche Härte und Festigkeit verschwunden ist. Selten findet der umgekehrte Fall statt, daß nämlich eine größere Härte im Gestein in der Nähe der Gänge eintritt. So setzen z. B. die quarzigen Zinnerz-Gänge zu Carclaze bei St. Austle in Cornwall in einem aufgelösten leicht zerbröckelnden Granit auf, der aber zu beiden Seiten der Gänge gleichsam mit Quarz durchdrungen einen beträchtlichen Grad von Festigkeit zeigt. Auch Trümmer des Nebengesteins und selbst Gerölle sind in Gängen umschlossen von der Gangmasse gefunden worden. Manchmal verbreiten sich von den Gängen aus Erze in die Nebengesteine, so daß dieselben zuweilen mehr Erz enthalten, als der Gang selbst. Umgekehrt scheint aber auch das Nebengestein nicht allein auf die Größe des Erzgehaltes der Gänge Einfluß zu üben, sondern auch das Auftreten des einen oder andern Erzes in denselben zu bedingen, indem gewisse Erze sich gleichsam an bestimmte Nebengesteine gebunden zeigen. Zu Bieber in Hessen z. B. durchsetzen Gänge mit Kobalterzen das Kupferschiefer-Gebirge; diese Erze verschwinden aber da, wo jene den unter jenem Gestein liegenden Glimmerschiefer erreichen. Alle diese und noch manche andere Erscheinungen trugen denn auch dazu bei, daß sehr verschiedene Ansichten über die Entstehung der Gänge hervorgerufen wurden. Da nun die Gänge erfüllte Spalten in Gebirgen sind, so kommt es hier darauf an, zu zeigen, auf welche Weise dieselben ausgefüllt wurden. Die Entstehung der Spalten selbst müssen wir in den meisten Fällen Erschütterungen zuschreiben, durch Erdbeben oder Eruptionen veranlaßt. Dadurch erklärt sich nicht nur das sehr häufige Vorkommen der Erz- und Mineral-Gänge in der Nähe von älteren Eruptivgesteinen, sondern auch die Erscheinung, daß solche Spalten nicht selten mehrere Gebirgsarten verschiedener Natur durchsetzen. Durch Erkaltung haben sich wohl auch Spalten, aber wahrscheinlich nur in einigen älteren Massengesteinen gebildet. Aus jener Entstehungsart der Spalten geht auch die Erklärung der Thatsache hervor, daß wir im Allgemeinen in Gesteinen um so häufiger Gänge treffen, je älter sie sind, weil sie eben um so länger der Spaltenbildung ausgesetzt waren. Die Schichtgesteine, die jünger wie Kupferschiefer und Zechstein sind, haben schon sehr selten Gänge aufzuweisen, nach der Kreide scheinen sie ganz zu fehlen.

Die verschiedenen Theorieen der Gangbildung wollen wir hier nur kurz andeuten, diese sind: 1. Die Gänge entstanden gleichzeitig mit dem Nebengestein; eine Ansicht, gegen welche alle beobachteten Thatsachen sprechen, die deßwegen auch unhaltbar und längst aufgegeben ist. 2. Die Ausfüllungsmasse der Spalten stammt aus dem Nebengestein und hat sich in denselben concentrirt. 3. Die Spalten wurden durch Absatz aus Wasser erfüllt, was von oben in dieselben eindrang; diejenige Ansicht, welche Werner aufstellte und zu begründen suchte und die auch durchaus mit seiner neptunischen Theorie der Erdbildungen übereinstimmte. 4. Die Erfüllung der Spalten fand von unten aus statt, und zwar entweder durch Injektion heißflüssiger Massen, oder durch Infiltration, d. h. durch Absatz aus aufsteigendem, meist wohl heißem Wasser, oder endlich durch Sublimation aufsteigender Dämpfe. Mehrere der angedeuteten Vorgänge haben wahrscheinlich zugleich stattgefunden, während andere nie vorgekommen zu sein scheinen. So dürfte eine Ausfüllung von oben durch Absatz aus Wasser, verbunden mit Auslaugung der Nebengesteine, viele der Erscheinungen, welche oben erwähnt wurden, erklären, während dieß weder eine Injektion noch Infiltration von unten vermag. Die Weichheit des Nebengesteins, das Auftreten von Erzen in demselben, das Vorkommen von Gestein-Bruchstücken und Geschieben in den Gängen, die bandförmige Struktur der Gangmasse, lassen sich durch jene Annahme naturgemäßer als durch jede andere Theorie erklären. Setzt man dieser die schwere Löslichkeit vieler Substanzen, die auf Gängen vorkommen, entgegen, so muß man nur beachten, daß dieselben unter Umständen, z. B. mitten in Schichtgesteinen, manche, wie Blende, Bleiglanz, Barytspath rc., sogar zuweilen als Vererzungs- oder Versteinerungsmittel von organischen Resten getroffen werden, in welche sie nur im Zustande der Auflösung gekommen sein können. Auch hat diese Art der Gangbildung gewiß nur äußerst langsam stattgefunden, und in manchen Fällen höchst wahrscheinlich, während die Spalte sich nur sehr allmählich erweiterte. Die Ausfüllung der Gänge durch eine heißflüssige Masse von unten würde doch gewiß Aeußerungen der Hitze an dem Nebengestein hervorgerufen haben, wie wir sie z. B. bei Basalt-Gängen treffen, von denen aber hier nie etwas, sondern gerade das Gegentheil wahrgenommen wird, nämlich Zersetzungen, die nur durch stetes Einwirken des Wassers erklärlich sind. War jedoch, wie oben angeführt wurde, bei dem quarzführenden Zinnerzgange das Gestein in seiner Nähe durch Quarzmasse fest geworden, während weiter von ihm entfernt der Granit sich zersetzt und brocklich zeigte, so spricht dieß nicht gegen, sondern für die dargelegte Ansicht, indem nämlich bei der Zersetzung des Granits Kieselerde weggeführt und nach der Erfüllung des Ganges noch an seinen Wandungen abgelagert wurde, wodurch hier eine größere Festigkeit entstehen mußte, als diese früher besessen hatten. Betrachten wir ferner das Material der Gangausfüllung in Bezug auf die Schmelzbarkeit, so würden einige Substanzen, wie z. B. Barytspath, eine so bedeutende Hitze zum Schmelzen erfordert haben, daß sämmtliches Nebengestein mit in Fluß gerathen wäre; andere Mineralien, wie Kalkspath, Bitterspath rc., hätten sich gar nicht auf solche Weise bilden können. Die allmähliche Auslaugung der Nebengesteine dürfte aber metallische Substanzen herbeigeführt haben, die wir entweder jetzt nicht mehr darin finden, oder die wegen ihrer feinen Vertheilung in denselben übersehen wurden und noch werden. Sind aber solche kleine Quantitäten nach und nach zusammengeführt worden, so gehört nur ein lang andauernder Prozeß der Art dazu, um Anhäufungen von Erzen in Gängen zu erklären. Und können wir nachweisen, daß eine gewisse metallische Substanz in einer bestimmten Gebirgsart vorkommt, so läßt sich auch die Erscheinung in Gängen deuten, wenn

wir gewisse Erze gleichsam an ein oder das andere Nebengestein gebunden finden. Man hat die Ausfüllung der Gänge, und gewiß nicht mit Unrecht, in Vergleich gebracht mit der der Mandelsteine. In der Masse der letzteren wurde unseres Wissens noch kein Kupfergehalt nachgewiesen, und doch wird in den Blasenräumen mancher Mandelsteine Gediegen-Kupfer, auch Roth-Kupfererz gefunden. Die Bestimmung der Epoche der Gangbildung ist in den meisten Fällen sehr schwer, da uns so selten die Anhaltepunkte, das Verhalten der Gänge gegen zwei bestimmte Gebirgsbildungen, gegeben sind. Wo ein Gestein, in welchem ein Gang aufsetzt, von einem andern überlagert wird, und jener nicht in dieses eindringt, da muß der Gang älter sein als das bedeckende Gestein. Einiges Anhalten liefern in dieser Beziehung auch die Fälle, wo Erzgänge von Gesteingängen durchsetzt werden oder diese durchsetzen. Jedenfalls wird erst eine umfassende Untersuchung sehr verschiedener Gänge die Frage über die Art und die Zeit ihrer Bildung ihrer Lösung näher bringen können.

Litteratur. H. T. de la Beche, Handbuch der Geognosie, nach der zweiten Auflage des englischen Originals bearbeitet von H. v. Dechen. Berlin 1832. — B. Cotta, Grundriß der Geologie und Geognosie. Dresden und Leipzig 1846. — C. Vogt, Lehrbuch der Geologie und Petrefaktenkunde. Theilweise nach Elie de Beaumonts Vorlesungen an der Ecole des Mines. 2 Bände. Braunschweig 1846 und 1847.

Zweiter Abschnitt.

Physikalische Geognosie.

I. Allgemeine Verhältnisse der Erde.

Ehe wir zu der Betrachtung der Kräfte übergehen, welche noch heutigen Tages bildend oder zerstörend auf unsere Erdoberfläche wirken, ist es nothwendig, vorher einige allgemeine Verhältnisse unsers Planeten zu berühren.

Die feste Masse der Erde dient der flüssigen als Grundlage, und beide sind die Träger der luftförmigen Hülle, welche diese umgibt. Die Gestalt unserer Erde ist die eines Rotations-Sphäroids, abgeplattet an den beiden Polen, und zwar so, daß der Poldurchmesser um 5,58 geographische Meilen kürzer ist, als der 1719 Meilen haltende Aequatorial-Durchmesser. Diese Form deutet auf einen vormals flüssigen Zustand auch der Substanzen hin, welche jetzt die feste Rinde der Erde bilden. Da sich nämlich die Erde um eine Achse dreht, deren Endpunkte durch die beiden Pole dargestellt werden, so mußte sich die durch die Rotation entwickelte Centrifugalkraft der einzelnen Theile dort am stärksten zeigen, wo dieselben am weitesten von der Achse entfernt waren, also am Aequator, und sich hier, indem zugleich die Gravitation nach dem Mittelpunkte der Erde der Centrifugalkraft entgegenwirkte, die Theile ansammeln und so die Gestalt eines Sphäroids erzeugen, was aber nur im flüssigen Zustande der Theile möglich war. Da nun kein Agens die festen Theile unserer Erde in einen Zustand der Art überzuführen vermag, als die Wärme, so muß sich also die jetzt feste Masse ursprünglich in einem heißflüssigen Zustande befunden

haben; und wir besitzen demnach in der Gestalt unserer Erde ein Moment, welches uns bei geologischen Betrachtungen von der größten Wichtigkeit ist. Die Richtigkeit jener Schlüsse wird noch durch die innere Erdwärme bestärkt. Schon seit längerer Zeit war man nämlich darauf aufmerksam geworden, daß in tiefen Gruben-Gebäuden eine bedeutend höhere Temperatur herrsche, als an der Oberfläche des Bodens. Diese Erscheinung konnte nur von der Wärme der Erde selbst herrühren; es wurden daher später die verschiedensten Untersuchungen angestellt, um diese höhere Temperatur im Innern der Erde nicht nur nachzuweisen, sondern auch um das Verhältniß zu bestimmen, in welchem dieselbe nach der Tiefe hinein zunehme. Die Messungen der Temperatur in Bergwerken und des Wassers artesischer Brunnen haben nun auf das Bestimmteste gezeigt, daß eine Zunahme der Wärme nach dem Erdinnern hin stattfinde, und zwar so, daß im Allgemeinen auf 90—100 Fuß Tiefe jene um einen Grad zunehme, und in 10,000 Fuß Tiefe der Siedepunkt des Wassers erreicht würde. Oertliche Einflüsse, besonders auch die verschiedene Leitungsfähigkeit der Wärme der Gesteine, verursachen in dieser Hinsicht wohl Schwankungen, allein die Thatsache an und für sich steht fest. Da wir auf der Oberfläche der Erde keine andere allgemeine Wärmequelle besitzen, als die Sonne, so hat man daran die Behauptung geknüpft, die Temperatur im Innern der Erde sei Resultat der eingedrungenen Sonnenwärme. Allein alle Beobachtungen haben gezeigt, daß die Wirkung der Sonne fast nur auf die Oberfläche der Erde beschränkt ist, und daß in einigen Fuß Tiefe die täglichen Schwankungen der Temperatur nicht mehr zu messen sind; tiefer lassen sich nur noch die jährlichen Schwankungen erkennen, und 80—100 Fuß unter der Oberfläche sind auch diese nicht mehr fühlbar. Die Temperatur des Innern der Erde kann daher nur in der eigenen Wärme derselben zu suchen sein; und welche Ursache dieselbe auch bedingt haben möge, so bleibt doch so viel sicher, daß im Innern unserer Erde eine so bedeutende Hitze vorhanden, daß in einer gewissen Tiefe alle Mineralien in flüssigem Zustande sich befinden müssen. Von hier findet ein Ausstrahlen der Wärme nach den festen Theilen der Erdrinde, deren Dicke etwa 12 bis 15 Meilen betragen dürfte, statt, welche jedoch auch ihre Grenze zu haben scheint, da sich die Erde jetzt in der Periode und wohl schon seit längerer Zeit befindet, wo ihre Erkaltung so unbedeutend ist, daß man sie als beendet ansehen kann. Denn nach astronomischen Berechnungen hat sich die mittlere Tageslänge seit 2500 Jahren nicht um 0,01 Sekunde geändert, was hätte geschehen müssen, wenn die Erde während dieses Zeitraumes weiter abgekühlt worden wäre. Aeußerungen jener inneren Hitze auf unserer Erdoberfläche sind die heißen Quellen und die vulkanischen Erscheinungen, und unter diesen besonders die Ergüsse von Laven, welche mit einer Temperatur von 3—4000 Graden aus den Vulkanen hervorbrechen. Hierbei finden weitere Vorgänge statt, welche uns einiges Anhalten geben, wie es wohl im Anfange unserer Erdgestaltung zugegangen sein möge. Die Lavaströme erkalten nämlich sehr schnell auf ihrer Oberfläche und bedecken sich mit einer harten festen Kruste, welche die Wärme wenig leitet, und unter der die feurigflüssige Masse nicht nur noch lange fortglüht, sondern sich auch fortbewegt. Man weiß, daß Lavaströme des Aetna, von 60 Fuß Dicke, 10 Jahre und mehr brauchten, ehe sie vollständig erkaltet waren. Aehnliche Zustände mag auch die Erde im Anfange erfahren haben. Es bildete sich zuerst eine feste Kruste, welche nur allmählich an Dicke zunahm. Die Temperatur der damaligen Atmosphäre mußte aber durch die Ausstrahlung der inneren Wärme sehr hoch und auf der ganzen Erdoberfläche gleichmäßig gewesen sein, welche noch keine Zonenunterschiede kannte; aber mit der zunehmenden

Dicke der Erdrinde nahm sie ab, bis sich ein Gleichgewicht zwischen Innen und Außen einstellte. Diese Annahme finden wir aber auf das schönste durch die Pflanzen- und Thierformen unterstützt, welche uns in den Schichtgesteinen erhalten wurden.

Ferner besitzen wir in der Dichtigkeit der Erde ein weiteres geologisches Moment von großer Wichtigkeit. Je dichter nämlich die Körper sind, eine um so größere Schwere besitzen sie, um so mehr werden sie von der Erde angezogen; es läßt sich aber auch umgekehrt auf die mittlere Dichtigkeit der ganzen Erdmasse schließen, wenn man Anziehungskraft und Größe derselben miteinander vergleicht. Versuche, mittelst des Pendels und der Drehwage angestellt, lieferten verschiedene Resultate. Maskelyne's Pendelbeobachtungen am Shehallien in den Hochlanden Schottlands ergaben im Mittel 4,713, die von Carlini am Mont-Cenis 4,39, und die von Drobisch in der Grube Dolcoath in Cornwall in einer Tiefe von 1200 engl. Fuß 5,43 als mittlere Dichtigkeit der Erde. Cavendish erhielt durch Beobachtungen mit der Drehwage 5,48, Reich 5,43 und Baily 5,67. Hieraus geht hervor, daß die mittlere Dichtigkeit der Erde über fünfmal größer als die des Wassers und beinahe noch einmal so groß ist, als das spezifische Gewicht der gesammten Felsmassen, welche die Oberfläche unserer Erde zusammensetzen, von welchen dasselbe im Mittel etwa 2,65 ausmacht. Es muß demnach die mittlere Dichtigkeit der Erde nach dem Innern hin zunehmen, eine Erscheinung, die ebenfalls in dem früheren Flüssigkeitszustande derselben ihren Grund haben dürfte, vermöge welchem nämlich die schweren Theilchen sich nach unten senkten.

Die Oberfläche unserer Erde wird von Land und Wasser gebildet, aber in einem sehr ungleichen Verhältniß, indem dieses über zwei Drittel derselben ausmacht. Dabei findet noch eine sehr abweichende Vertheilung auf den beiden Halbkugeln statt, da die südliche nicht ein Drittel so viel Land wie die nördliche enthält. Vom Nordpole aus verbreitet sich das Land in zwei großen, aber ungleichen Theilen gegen Süden, wo es in langen Spitzen endet. Asien, Europa und Afrika bilden den einen, aber bei weitem größeren dieser Theile, Amerika den andern kleineren. Außerdem gibt es noch eine Menge größere und kleinere Landtheile, Inseln, die theils isolirt liegen, theils in größerer oder geringerer Zahl versammelt sind und sogenannte Inselgruppen, Archipeln, bilden. Von dem Meere auf allen Seiten umgeben, manchfach von demselben eingeschnitten und zerrissen, erhebt sich das Land in großen und kleinen Massen, theils sehr allmählich oder terrassenförmig, theils plötzlich und steil aus dessen Fluthen. Man unterscheidet daher auf dem Festlande im Allgemeinen Ebenen und Berge, obwohl zwischen beiden keine scharfe Grenze gezogen werden kann. In der Nähe hoher Gebirge z. B. wird ein Hügelland noch als Ebene betrachtet werden, dessen Hügel in einer von jenen entfernteren Ebene schon Berge genannt würden. Die Höhe, bis zu welcher die Länder über das Meer ansteigen, ist außerordentlich verschieden, und doch verschwinden auch die größten Höhen, wenn man sie in Vergleich bringt mit der Gesammtmasse der Erde. Die höchste Bergspitze, welche wir bis jetzt kennen, der Dhawalagiri im Himalaya-Gebirge, steigt 26,000 Fuß an, welches $1/_{770}$ des Erdhalbmessers beträgt; in Europa besitzt der Montblanc die bedeutendste Höhe, nämlich 14,500 Fuß, eine Höhe, die nur $1/_{1321}$ des Radius der Erde ausmacht. Dabei muß jedoch weiter noch berücksichtigt werden, daß dieß nur einzelne isolirte Punkte sind, deren Höhe sehr beträchtlich ist im Vergleich zu der des übrigen Festlandes, jenes Verhältniß also noch viel ungleicher, ja fast ganz verschwindend wird, wenn man nur die

mittlere Erhebung der einzelnen Kontinente annimmt, für welche A. v. Humboldt folgende Zahlen gibt: für Asien = 1053, Europa = 615, Nordamerika = 684 und für Südamerika = 1035 Fuß mittlere Höhe.

Um die Unebenheiten des Bodens zu bezeichnen, gebraucht man verschiedene Benennungen, besonders Hügel und Berge, womit man kleinere und größere Erhöhungen des Bodens belegt. Jene besitzen abgerundete Formen und steigen höchstens 2—300 Fuß an. Berge sind größere Höhen und man unterscheidet bei ihnen Füße, Abhänge oder Seiten und Spitzen oder Gipfel. Die meisten Berge steigen von ihren Füßen aus sanft an und erheben sich erst später steil, eine Erscheinung, die nicht selten in der Anhäufung von Trümmern ihren Grund hat. Die Neigung der Seiten der Berge ist sehr verschieden, und geht von ganz flachen bis zu den steilsten Abstürzen über. Die Gipfel sind theils gerundet, theils spitz, gezackt oder überhaupt manchfach gestaltet, wie sich denn ohnehin die Form der Berge verschieden zeigt und meist in der innigsten Verbindung mit der Gebirgsart steht, welche jene zusammensetzt. So ist z. B. die Kegelform besonders den vulkanischen Bergen eigen, sie bilden Pic's oder Puy's. Nadeln, Hörner und manchfach zerrissene Formen finden wir besonders in hohen Gebirgen bei andern krystallinischen Gesteinen. Die Gruppirung der Berge ist für die Geologie von großer Wichtigkeit, indem wir in manchen Fällen hiedurch auf ihren inneren Zusammenhang geführt werden. Einzelne isolirt stehende Berge findet man sehr selten, meist sind es Vulkane, die hier oder da so auftreten; noch seltener sind solche Berge regelmäßig aneinander gereiht, so daß sie einer bestimmten Richtung folgen und nur mit ihren Füßen zusammenstoßen; häufiger schon kommen unregelmäßige Gruppirungen solcher Berge vor, für welches Verhältniß die erloschenen Vulkane der Auvergne ein schönes Beispiel liefern. Ferner findet man zuweilen die Berge um einen Mittelpunkt geordnet, der gewöhnlich auch den höchsten Gipfel ausmacht, sogenanntes Massengebirge, wie der Harz. Am häufigsten sind die Berge zu Ketten aneinander gereiht, indem ihre Gipfel auf einer gemeinschaftlichen langgedehnten Basis stehen. Jedoch sind Kettengebirge selten einfach, oft stoßen Ketten aneinander, oder sie laufen nebeneinander her, und zeigen sich auf verschiedene Weise miteinander verbunden, so daß eine Hauptkette angenommen werden kann, von welcher die andern Theile gleichsam nur Aeste oder Arme sind. Bei einem Gebirge unterscheidet man, wie bei einzelnen Bergen, Gebirgsfüße, Gebirgsabfälle oder Seiten, und die obere Kante, wo die beiden Abfälle zusammenstoßen, die Gebirgskämme, die zugleich in vielen Fällen als die Wasserscheide angesehen werden können. Jedoch ist dieß nicht immer so, denn es gibt manche Beispiele, wo Flußthäler eine Gebirgskette quer durchbrechen, und sich dann die Wasserscheide hinter der Kette befindet. Die Gebirgsketten werden vielfach durch die Gebirgspässe eingeschnitten, durch Vertiefungen in denselben, welche von einer Seite der Kette auf die andere führen, und deren absolute Höhe zugleich die der Basis ist, aus welcher sich die Gipfel emporheben. Die Höhe der letzteren und die der Pässe scheinen in ihrem gegenseitigen Verhältnisse etwas Bestimmtes wahrnehmen zu lassen, das zu Schlüssen über die Struktur der Gebirge geeignet sein dürfte, denn im Allgemeinen kann man wohl annehmen, daß die Gipfel um so höher und die Pässe um so tiefer in einem Gebirge erscheinen, je verwickelter die Struktur derselben ist. A. v. Humboldt gibt folgende Verhältnisse der absoluten Höhe der Pässe zu der der Kette an: in den Alpen wie 1 : 2, in den Anden und dem Himalaya wie 1 : 1,8, in den Pyrenäen wie 1 : 1,5 und in dem Kaukasus wie 1 : 1,2. Außer der Eintheilung der Gebirge in Massen- und Kettengebirge unterscheidet man dieselben nach der Höhe in gemeine und

Hochgebirge, je nachdem dieselben unter oder über 6000 Fuß hoch sind; und nach der Form: in Rücken- und Alpengebirge, jene zeigen gerundete Formen ohne große Verschiedenheit hinsichtlich der Höhe, diese haben sehr verschiedene Höhen-Verhältnisse mit schroffen und pitoresken Formen aufzuweisen. Hieher gehören auch die Kegelgebirge, die gewöhnlich vulkanisch sind.

Die Thäler, die Vertiefungen zwischen den Bergen, theilt man in Längen- und Querthäler ein; erstere laufen dem Hauptzuge der Kettengebirge parallel, und sind theils durch den Wechsel in der Natur der Gesteine, theils durch das Nebeneinanderlaufen zweier Gebirgsketten bedingt, diese stehen senkrecht auf der Achse des Gebirges, so daß man hier nicht selten die Folge der Schichten von Außen nach Innen deutlich beobachten kann. In den Gebirgen selbst sind die Querthäler häufig erst Risse, enge Schluchten oder Tobel, welche sich nach und nach ausdehnen, und um so mehr je näher sie der Ebene kommen. Die Längenthäler stellen sich manchmal nur als einfache Einbiegungen oder als Knickungen der Schichten dar, durch parallele Hebungen veranlaßt; meistens aber bilden sie förmliche Risse, wobei die durchbrochenen Schichten die steilen Thalwände ausmachen. Deßwegen erscheinen auch solche Thäler zuweilen ganz abgeschlossen und machen dann das Becken eines Sees aus, sogenannte Seethäler. Längenthäler werden manchmal durch Querthäler verbunden. Meistens dienen auch die verschiedenen Thäler dem Wasser als Abzugswege und werden dann Bach-, Fluß- oder Stromthäler genannt. — Berücksichtigt man die Entstehung der Thäler, so kann man dieselben in Erhebungs- und Entblösungsthäler eintheilen. Erstere sind Folge der Erhebung, die ein Gebirge erlitten hat, wobei die Schichten in einer Linie oder an einem Punkte gehoben und in ihren oberen Theilen auseinander gerissen wurden. Die Entblösungsthäler sind durch zerstörende äußere Einflüsse, namentlich des Wassers, entstanden. Thäler, deren Gehänge dieselben horizontalen Schichten in gleichem Niveau zeigen, können nicht durch Verschiebung oder Emporhebung, sondern müssen auf eben angedeutete Weise, durch Auswaschung entstanden sein. Manche Thäler sind auch Räume zwischen verschiedenen Gebirgen, die nach und nach durch Anschwemmungen der Wasser ausgefüllt und geebnet wurden, so z. B. das Rheinthal von Basel bis Mainz, zwischen den Vogesen und dem Schwarzwald.

Auch die Ebenen finden sich in verschiedenen Höhen, theils wenig erhoben über dem Niveau des Meeres, theils bis zu 10,000 Fuß Höhe. Eine sehr große und dabei wenig erhobene Ebene ist die norddeutsche, mit welcher die polnische und russische in Verbindung stehen. Diejenigen Ebenen, deren Erhebung über dem Meere ziemlich bedeutend ist, werden Hochebenen genannt; Asien und Amerika besitzen die bedeutendsten Ebenen der Art. Das Plateau zwischen dem Himalaya und dem Künlün in Centralasien hat über 10,000 Fuß Höhe, das von Mexiko über 6800 Fuß. — Auch gibt es Landstriche, die tiefer als der Meeresspiegel liegen, wie die Umgebungen des kaspischen Meeres, dessen Niveau selbst etwa 35 Fuß unter dem des schwarzen Meeres steht. Der Grund hievon ist wohl in dem nicht bedeutenden Zufluß an Wasser durch Flüsse und der starken Verdunstung zu suchen. Noch viel bedeutender ist diese Tieflage bei dem todten Meere, dessen Spiegel etwa 1200 Fuß unter dem des mittelländischen Meeres liegt. Dasselbe hat keinen sichtbaren Abfluß, und die stattfindende Verdunstung hält dem Zuflusse durch den Jordan das Gleichgewicht, wobei noch in Anschlag zu bringen ist, daß es in jenem Lande fast nie regnet. Das Thal des Jordan ist zum Theil, und mit ihm der See Tiberias unter dem Spiegel des mittelländischen Meeres gelegen, so daß ein Theil des heiligen Landes unter Wasser gesetzt würde, wenn das Meer mit ihm in Verbindung käme, während

sich auf diese Weise ein tiefes Becken mit einem bedeutenden Flüsse unterhalb des Niveaus des Meeres befindet, von welchem es nur durch eine Bergkette von einigen Stunden Breite getrennt ist.

Schon früher wurde bemerkt, daß das Wasser über zwei Drittel der Oberfläche unserer Erde ausmacht, bringen wir dabei noch seine Tiefe in Anschlag, die allerdings sehr verschieden ist, stellenweise aber wohl über eine Meile beträgt, so geht daraus hervor, welche außerordentlich bedeutende Masse dieses Wasser, das Kontinente und Inseln umfluthet, sein muß. Der Boden des Meeres ist wohl von ganz ähnlicher Gestaltung, wie die Außenfläche des festen Landes, und daher der Wechsel in der Tiefe. In den großen Oceanen finden wir auch die größten Tiefen, während diese bei kleineren und eingeengten Meeren mehr und mehr abnimmt. So hat man 230 Meilen südwestlich von St. Helena den Grund im atlandischen Ocean in einer Tiefe von 14,556 Fuß mit dem Senkblei erreicht, die Ostsee dagegen besitzt in ihrer Mitte durchschnittlich nur eine Tiefe von 180 bis 240 Fuß. Das Meereswasser enthält eine nicht unbedeutende Menge von salzigen Theilen aufgelöst, welche im Allgemeinen, was die Quantität und die Art der Salze betrifft, sehr wenig wechselt, besonders mitten in den Oceanen, während sich allerdings in der Nähe der Küsten durch den größeren oder geringeren Zufluß von süßem Wasser abweichende Verhältnisse in jener Hinsicht zeigen müssen. Diese salzigen Theile betragen bis zu 4,3 Procent, und bestehen besonders aus Chlornatrium, Kochsalz, das $^2/_3$ bis $^3/_4$ derselben ausmacht, ferner aus Chlormagnesium, schwefel- und kohlensaurer Magnesia, schwefelsaurem Natron, schwefel-, kohlen- und phosphorsaurem Kalk und noch mehrern andern nur in äußerst geringen Mengen vorkommenden Substanzen. Das specifische Gewicht des Meerwassers wird zu 1,0286 angegeben, zeigt jedoch natürlich auch Schwankungen. Meere, die bedeutenden Zufluß an süßem Wasser erhalten und dabei nur wenig durch Verdunstung verlieren, haben einen geringeren Salzgehalt, als solche, bei denen die Verdunstung stark und der Zufluß an süßem Wasser nur gering ist; jenes ist bei dem schwarzen, dieses bei dem mittelländischen Meere der Fall. Die Verdunstung bei letzterem ist so bedeutend, daß sie durch den Zufluß von süßem Wasser bei weitem nicht ausgeglichen wird, weßwegen der hierdurch entstehende Verlust durch eine stete Strömung aus dem atlandischen Ocean und dem schwarzen Meere ersetzt und dadurch immer mehr Salz zugeführt wird. Das Mittelmeer nimmt daher, wiewohl sehr langsam, an Salzgehalt zu, das schwarze Meer aber, weil hier der Zufluß an süßem Wasser überwiegend ist, stets ab. Nach der Tiefe zu soll der Salzgehalt des Mittelmeeres sehr zunehmen. In den Polargegenden wird durch das Eiswasser, das beinahe ganz rein ist, der Salzgehalt des Meeres verringert, während sich durch das Gefrieren derselbe vermehrt. — Das Meer zeigt in seiner ganzen Verbreitung eine gleiche Oberfläche, die jedoch, obwohl als fester Punkt für die Bestimmungen der Erhebungen des festen Landes benutzt, beständigen Veränderungen unterworfen ist, welche theils durch den Einfluß der Winde, theils durch Ebbe und Fluth, d. h. durch das periodische Steigen und Fallen des Meeres hervorgerufen werden. Letztere Erscheinung ist in der Anziehung, welche Sonne und Mond auf die Erde ausüben, begründet. Da jedoch die Mondesfluth bei weitem stärker als die Sonnenfluth ist, beide auch zweimal während eines Tages eintreten, obwohl ein Sonnen- und ein Mondentag nicht genau mit einander korrespondiren, so müssen die verschiedensten Verbindungen beider Fluthen mit einander entstehen, und es wird dann die höchste Fluth eintreten, wenn beide zusammenfallen. Uebrigens ist weder in allen Meeren, noch an allen Stellen desselben Meeres die Höhe der Fluth stets gleich. Oft kom-

men die größten Verschiedenheiten vor, welche hauptsächlich lokalen Einflüssen zugeschrieben werden müssen. Es bleibt daher immer schwierig, die mittlere Höhe des Meeresspiegels zu bestimmen, und nur genaue und lang fortgesetzte Beobachtungen können dazu führen, was aber deßwegen wichtig ist, weil, wie schon oben bemerkt, alle Erhebungen des Festlandes nach dem Niveau des Meeres angegeben werden. — Auch das feste Land umschließt viele größere und kleinere Wasser-Ansammlungen, Seen, und zwar in den verschiedensten Höhen, wobei man jedoch im Allgemeinen annehmen kann, daß je größer ein See ist, derselbe um so niederer liegt. Der Onega- wie der Ladogasee sind nur wenig über dem Spiegel der Ostsee erhaben. In der Schweiz, die so reich an Seen, finden wir viele in einer Höhe von 12 bis 1300 Fuß, wie den Genfer-, Züricher-, Boden-See 2c. Die höchstgelegenen Seen treffen wir in den Anden des südlichen Amerika's und in der Kette des Himalaya, in jenen den See von Titicaca in 12,000, in dieser den heiligen See des Indus in 15,000 Fuß Höhe. Das Wasser der Seen ist meistens süß; es gibt jedoch auch Seen, deren Wasser salzig ist, manche sogar, deren Salzgehalt so bedeutend erscheint, daß jenes beinahe als eine gesättigte Soole gelten kann. So beträgt z. B. der Salzgehalt des todten Meeres 24,54, des Indersk'schen Sees in den Kirgisensteppen 23,92, des rothen Sees bei Perekop in der Krimm 17,50 Procent. Auch die Tiefe der Seen ist sehr verschieden, und bei demselben See wieder sehr wechselnd. Der Genfer See hat 950, der Bodensee 1200, der Trauensee 1800 Fuß Tiefe u. s. w.

Das Wasser ist auf unserer Erdoberfläche in einem steten Kreislaufe begriffen: durch Verdunstung bilden sich nemlich Wassermengen in der Form von Wolken und unsichtbaren Dünsten in der Atmosphäre, diese verdichten sich und kommen als Regen oder Thau wieder auf die Erde. Hier kehren sie zum Theil durch abermalige Verdunstung in die Luft zurück oder sie werden zur Ernährung der Vegetabilien verbraucht, zum Theil dringen sie auch in den Boden ein, um Quellen zu bilden und fließende Wasser zu speisen. Nach Dalton's Beobachtungen und Berechnungen beträgt der meßbare jährliche Niederschlag von Wasser in England über vier Bimillionen englische Kubikfuß, während sämmtliche Flüsse etwa nur $^{9}/_{25}$ dieser Menge in das Meer zurückführen, so daß das Uebrige verdunstet oder für die Vegetation verwendet wird. Auf die Bildung von Quellen hat aber die Beschaffenheit des Bodens den wesentlichsten Einfluß. Sehr stark zerklüftete, dabei jedoch dichte und feste Felsarten lassen das Wasser sogleich in die Tiefe sinken, wo es dann nicht selten lange Strecken zwischen den Schichten weiter fließt, bis es später irgend wo zu Tage tritt, und manchmal in solcher Menge, daß es sogleich ansehnliche Bäche bildet, wie man das in den Jurakalkbergen hie und da trifft. Sandsteine dagegen, welche gewöhnlich weniger zerklüftet sind, aber das Wasser langsam, jedoch gleichmäßig durch ihre Massen hindurch lassen, liefern gewöhnlich viele und gute Quellen, zuweilen selbst beinahe ganz reine. Ein anderer Theil der Gebirgsarten läßt das Wasser gar nicht durch, wohin die Thone und Mergel gehören. Bildet nun eine solche Masse die Unterlage einer Gebirgsart, die das Wasser durchläßt, so wird sich dasselbe auf jener ansammeln und da als Quelle zu Tag treten, wo jene ihre tiefsten Ausstreichspunkte hat. Ist ferner ein wasserdurchlassendes Gestein zwischen zwei wasserspannenden eingeschlossen, so kann bei starken Ansammlungen von Wasser in ersterem Gestein eine große Spannung desselben hervorgebracht werden, so daß dasselbe erst in größerer Entfernung von dem höchsten Punkte jener Schicht, oder selbst auf erhabenen Bergstellen durch hydrostatischen Druck als Quelle zu Tage käme, wo man sonst eine solche nicht erwarten sollte. Sucht man solchen

unterirdischen Wasserläufen durch Bohrlöcher einen näheren Abzugsweg zu geben, so entstehen artesische Brunnen. Die Quellen laufen theils ununterbrochen, theils nur periodisch; da nemlich, wo gewisse Ursachen deren Existenz bedingen, und diese nur zu bestimmten Zeiten eintreten, wie periodischer Regen und Schmelzen des Schnees und Eises, da fließen auch die Quellen zu diesen, und versiegen zu anderen Zeiten. Es gibt auch Quellen, die versinkenden Bächen oder Flüssen oder höher gelegenen Seen ihr Entstehen verdanken, diese werden stets fließen, so lange in jenen selbst Wasser enthalten ist oder die Abzugskanäle unter dem Spiegel des Sees liegen. Uebrigens zeigen fast alle Quellen, auch die permanenten, Veränderungen in dem Quantum von Wasser, das sie liefern; die meisten geben im Sommer weniger, wie in den anderen Jahreszeiten. Nur die Quellen, welche vom Schmelzen des Schnees und des Eises im Hochgebirge gespeist werden, fließen gerade in den heißen Jahreszeiten stärker. Auch hat die Vegetation, namentlich von Moosen und Farren, das Bewachsensein der Berge mit Bäumen auf den Quellenreichthum einer Gegend den größten Einfluß, indem einestheils hierdurch der Niederschlag aus der Atmosphäre befördert, anderntheils das Wasser mehr vor Verdunstung bewahrt wird. Die Ausrottung von Wäldern hat schon oft wesentliche Nachtheile in jener Beziehung gebracht. Das Quellwasser ist selten ganz rein; manche derselben enthalten gewisse Substanzen in einer gewissen Menge konstant in sich aufgelöst, und werden dann Mineralquellen genannt. Ferner sind die Quellen theils kalt, theils warm oder selbst heiß. Die meisten Quellen besitzen nemlich die mittlere Temperatur des Bodens, aus welchem sie entspringen, sie sind daher im Winter etwas wärmer, im Sommer etwas kälter und heißen kalte Quellen; andere zeigen jedoch stets einen höheren Wärmegrad als die mittlere Temperatur des Ortes ist, wo sie vorkommen, und werden dann warme Quellen genannt.

Das Wasser der Quellen, den Gesetzen der Schwere folgend, rinnt die Thalsohlen herab, sammelt sich zu Bächen, diese wieder zu Flüssen und größeren Strömen, welche sich endlich in das Meer oder in Seen ergießen. Diejenigen Landtheile nun, von welchen aus einem Fluß oder Strom sein Wasser zugeführt wird, heißt man Fluß- oder Stromgebiet. Die Grenzen solcher Gebiete oder die Wasserscheiden sind diejenigen Punkte, von welchen aus die Wasser nach verschiedenen Flüssen hin strömen. In den meisten Fällen sind Gebirgskämme oder Rücken Wasserscheiden, jedoch nicht immer, worauf schon früher aufmerksam gemacht wurde, ja manchmal sind es so geringe Erhöhungen, welche jene Grenze bestimmen, daß Flüsse mittelst natürlicher Querarme verbunden sein können, ohne sich in einander zu ergießen. So spaltet sich z. B. der Orinoco bei Esmaralda in zwei schiffbare Ströme, von denen der eine unter demselben Namen sich fortsetzt, während der andere als Casiquiare sich in den Rio Negro und durch diesen in den Amazonenstrom ergießt. Die Größe der Stromgebiete ist sehr verschieden, die bedeutendsten treffen wir in Amerika, so wird das des Amazonenstroms zu 106,000 und das des Mississippi zu 61,400 deutschen Quadratmeilen angegeben. Die Donau besitzt ein Stromgebiet von 14,630, der Rhein von 4080, die Elbe 2616 Quadratmeilen.

Auch die feste Form, in welcher das Wasser auf unserer Erdoberfläche vorkommt, ist höchst beachtenswerth, und hat namentlich in der neueren Zeit in geologischer Hinsicht Wichtigkeit erlangt. Das süße Wasser erreicht bei $+ 4^{0},5$ C seine größte Dichtigkeit, so daß Wasser von einer höheren oder von einer niedrigern Temperatur von jenem getragen wird. Aus diesem Grunde gefrieren auch die süßen Wasser so leicht; es sinken nemlich die Wasserschichten von

+ 4°5 C zu Boden, während wärmere und leichtere in die Höhe steigen, ein Vorgang, der so lange stattfindet, bis alles Wasser, z. B. das eines Flusses jene Temperatur besitzt, dann werden die oberen Schichten kälter und deßwegen leichter, dehnen sich aus, bis sie endlich in einen festen Zustand, in **Eis** übergehen. Anders ist es bei dem Meerwasser; da nemlich dessen Gefrierpunkt bei — 2,°55 und der seiner größten Dichtigkeit bei — 2,°67 C eintritt, so sinken die kalten oberen Schichten stets unter und mengen sich mit den da befindlichen wärmeren, und es kann ein Gefrieren erst dann eintreten, wenn die ganze Wassermasse gleichmäßig erkältet ist, weßhalb das Meer nur äußerst schwer gefriert. Das Eis schwimmt auf dem Wasser, da sein specifisches Gewicht etwa 0,95 ist. Im Allgemeinen wird die Schnee- und Eisbildung auf unserer Erde durch die Jahreszeit bedingt, so daß Schnee- und Eisbedeckungen entstehen, die später wieder verschwinden; allein es gibt auch viele Stellen, wo solche Bildungen nicht zerstört werden, sondern stets vorhanden sind. So bilden an den beiden Polen Schnee und Eis in einer fast zusammenhängenden Decke die Oberfläche der Erde, während in den gemäßigten und heißen Zonen dagegen deren Existenz von der Erhebung der Berge über dem Meere abhängt. Da nemlich die Temperatur der Atmosphäre nach der Höhe zu stets niedriger wird, so sehen wir in den höheren Gebirgen die Gipfel der Berge bis zu einer gewissen Grenze mit ewigem Schnee und Eis bedeckt, eine Linie, welche die Schneegrenze genannt wird, und die im Allgemeinen nach den Polen hin sich immer mehr dem Niveau des Meeres nähert, nach dem Aequator zu aber immer höher steigt. Jedoch ist dieselbe natürlich vielen Schwankungen unterworfen, die besonders in Lokalverhältnissen ihren Grund haben. Unter dem Aequator bei Quito ist die Schneegrenze in etwa 14,000 Fuß Höhe, in Mexiko unter dem 19° nördlicher Breite in 13,500, am Aetna unter 37,°5 nördl. Br. in 8,800, in den Alpen unter 46° in 8,100, am Oester Söful auf Island unter 65° in 2,700 Fuß, so daß sie unter dem 75° nördl. Br. mit dem Meeresspiegel zusammenfällt. In den meisten Gebirgen zeigt sich die Höhe der Schneegrenze verschieden, nach den verschiedenen Abhängen hin. So ist dieselbe in den Alpen auf der Südseite in 8,300 Fuß Höhe, auf der Nordseite schon in 7,800 Fuß.

In den Alpen ist es auch, wo die Erscheinungen, welche die Massen ewigen Schnees und Eises bilden, am genauesten untersucht wurden. Die höchsten Gipfel und die steilen Wände in den Hochgebirgen, die über die Schneegrenze hinausragen, sind mit feinem staubartigem Schnee oder festem glattem Eise bedeckt, während die darunter liegenden Schluchten und Hochthäler mit Massen von körnigem Schnee, **Firn** genannt, ausgefüllt erscheinen, die in ihren unteren Lagen allmählig in ein körniges blasiges Eis übergehen. Von hier aus, dem Firnfelde, senken sich dann große Eismassen, **Gletscher**, in die Alpenthäler herab, oft weit unter die Grenze ewigen Schnees reichend. Diese Gletscher sind in steter Bewegung nach unten hin begriffen, welche im Sommer am stärksten, im Winter am schwächsten ist, und bei strenger Kälte beinahe auf Null herabsinkt. Die wärmere Temperatur in den unteren Regionen bewirkt das Schmelzen des Eises und setzt somit dem Vorrücken des Gletschers ein Ziel. In den Alpen gibt es Gletscher die bis zu 3000 Fuß Meereshöhe herabkommen. Je größer und mächtiger nemlich ein Gletscher ist, was von der Ausdehnung des Schnee- und Firnfeldes abhängt, desto längere Zeit bedarf es, um ihn zu schmelzen und um so weiter rückt er in das Thal herab. Treten mehrere kühle Jahre mit viel Regen und Schnee nach einander ein, so wird weniger vom Gletscher abschmelzen als ersetzt und derselbe vorrücken, mehrere auf einander folgende gelinde Winter und heiße Sommer rufen das Gegentheil hervor,

der Gletscher muß an Länge verlieren, indem an seinem unteren Ende mehr abschmilzt als zugeführt wird. Die Länge der Gletscher ist sehr verschieden; in den schweizer Alpen gibt es einzelne, deren Länge über 5 Stunden beträgt; dabei besitzen sie stellenweise eine Mächtigkeit von 800 Fuß und darüber. Die Breite derselben hängt von der der Thäler ab. Die Ursache der Bewegung der Gletscher ist noch nicht genau ermittelt, es scheint jedoch, daß es deren mehrere sind, unter welchen aber besonders die Schwere der Eismasse und die Neigung des Bodens, auf welchem diese liegt, obenan stehen dürften. In der Mitte des Gletschers ist die Bewegung stärker als an den Seiten, ebenso in der Mitte seiner Längenausdehnung bedeutender, als nach seinem Ende hin. Der Aargletscher, welcher am genauesten untersucht wurde, bewegt sich in der Mitte seiner Längenausdehnung jährlich etwa 250 bis 300 Fuß, welche Bewegung nach unten hin immer mehr abnimmt. Daß aber eine wirkliche Bewegung der Gletscher ihrer Länge nach thalabwärts statt findet, beweisen die Moränen, Schuttwälle, die dieselben theils auf sich tragen, theils vor sich her schieben, und die keinem Gletscher der Alpen fehlen. Man unterscheidet Seiten-, Mittel- und Endmoränen. In den Hochgebirgen, und namentlich in den Gletscherthälern, findet nemlich eine stete Zerstörung der anstehenden Gesteine statt, befördert durch Abwechslung von Kälte und Wärme, so daß mächtige Felsblöcke und Gesteinschutt herab und auf den Rand der Gletscher stürzen und durch dieselben thalabwärts geführt werden. Auf diese Weise bilden sich an den Seiten der Gletscher Schuttwälle, die Seitenmoränen oder Gandecken genannt werden. Vereinigen sich nun zwei Gletscher, so laufen die beiden Seitenmoränen, wo die Gletscher zusammenstoßen, auf der Oberfläche der zu einem Ganzen vereinigten Gletscher als Mittelmoräne oder Gufferlinie nebeneinander fort. Endlich gelangen aber stets Theile der Seiten- wie der Mittelmoränen durch die fortwährende Bewegung der Eismasse auf welcher sie liegen, an das untere Ende des Gletschers, stürzen hier beim Aufthauen des Eises herab und bilden so die Endmoränen oder Stirnwälle, die manchmal mehrere hundert Fuß Höhe erreichen. Das Material der Endmoränen läßt verschiedene Zustände wahrnehmen; ein Theil der Blöcke nemlich, welche hier zusammengeführt sind, besitzen frische Bruchflächen, scharfe Kanten und Ecken, sie befinden sich in dem Zustande, in welchem sie von dem anstehenden Gestein losgerissen, auf die Oberfläche der Gletscher gelangten und von diesen weiter getragen wurden, auf welche Weise dieselben keine Veränderungen erleiden konnten. Aber ein Theil jener Trümmer fallen auch durch Spalten, welche sich sehr häufig im Eise der Gletscher befinden, auf den Boden, oder gerathen zwischen den Gletscher und die Thalwand, und werden dann, durch die Masse des Eises zerdrückt, entweder zu feinem Sande zerrieben, oder doch zu Rollstücken zugerundet, geglättet, und auf ihrer Oberfläche gewöhnlich mit feinen Ritzen und Streifen versehen. Alle diese Massen werden stets an dem Thalende des Gletschers von demselben ausgestoßen, der feine Sand zum Theil auch durch den Gletscherbach weiter geführt. Die Endmoränen sind daher ein Gemenge von scharfkantigen Blöcken mit gestreiften Geröllen, Sand und Schlamm. Zieht sich nun der Gletscher zurück, d. h. schmilzt mehr von demselben ab, als ersetzt wird, so bilden sowohl die End-, wie die Seitenmoränen Schuttwälle, von denen diese meist aus scharfkantigen Blöcken bestehen, jene aber die eben angedeutete Zusammensetzung wahrnehmen lassen. Dabei werden auch die Wirkungen sichtbar, welche die Eismassen auf die Wände und den Boden der Thäler ausüben, indem sie sich in denselben herabbewegen. Die Felsen zeigen sich nemlich abgerundet, wie polirt, bilden sogenannte Rundhöcker, ebenso sind die Thalwände geglättet,

und diese wie jene häufig mit feinen Ritzen und Streifen versehen, welche der Richtung parallel laufen, in welcher sich der Gletscher bewegte, und die offenbar von den härteren Gesteintheilchen herrühren, die vom Eise festgehalten und über den Felsboden und an den Felswandungen hingeschoben wurden und in diese einschnitten. Welche Anwendung man von allen diesen Gletscher-Erscheinungen macht, darauf wurde schon früher hingewiesen. — In den Polargegenden, wo die hohen Bergkämme und Schluchten fehlen, stellen sich die Gletscher mehr als Eisfelder, den Firnfeldern der Alpen ähnlich, dar. Häufig bewegen sich dieselben bis ins Meer hinein, und zwar so lange, bis die aus jenem hervorragende Eismasse das Uebergewicht erhält, und dann gewaltige Stücke abbrechen, welche als sogenannte schwimmende Eisberge von den Meeresströmungen weiter geführt werden, so daß man deren auf der nördlichen Halbkugel noch unter dem 34° nördlicher Breite getroffen hat. Skoresby beobachtete auf seiner Expedition nach dem Nordpol zwischen dem 69 und 70° nördl. Breite aber 500 schwimmende Eisberge, welche 100 bis 200 Fuß aus dem Wasser ragten und bis eine englische Meile im Umfange hatten. Roß sah in der Baffinsbai auf einer Seite des Horizonts über 700 Eisberge. Oft bilden sich auch zusammenhängende, weiterstreckte Eismassen, von geringer Höhe unmittelbar aus dem Meerwasser, wie das von mehreren Seefahrern beobachtet wurde. Skoresby sah auf solche Weise zwanzig Stunden hinter Spitzbergen das Eis sich bilden, so daß selbst Wellen dessen Entstehen nicht zu hindern vermochten. Auch diese Eisfelder gerathen manchmal in Bewegung. Besaßen die Gletscher, von welchen jene Eisberge herrührten, Moränen, wie das namentlich in mehr südlich gelegenen Gegenden der Fall ist, so blieben diese Trümmer von Gebirgsarten auf denselben liegen und wurden mit fortgeführt, durch das Schmelzen des Eisberges aber nach und nach auf dem Meeresboden abgesetzt.

Eine dunstförmige Hülle, die Atmosphäre, umgibt unsere Erde ihrem ganzen Umfange nach. Diese ist überall auf dieselbe Weise aus zwei Elementen zusammengesetzt, aus Sauerstoff und Stickstoff und zwar dem Volumen nach in einem Verhältniß von 21 : 79. Außerdem enthält dieselbe noch geringe Mengen von Kohlensäure, welche zwischen 0,004 und 0,006 schwanken, etwas Kohlenwasserstoff und endlich Wasserdampf. Letzterer wird jedoch in sehr wechselndem Mengeverhältniß getroffen. Der mittlere Druck, welchen die Atmosphäre im Niveau des Meeres auf die Erdoberfläche ausübt, ist dem einer Quecksilbersäule von 337 pariser Linien Höhe gleich, aber er nimmt ab, je höher er steigt, so daß hierauf die Methode beruht, die Höhe der Berge mit dem Barometer zu messen. Die Luft erreicht in der Nähe der Erdoberfläche, von aller strahlenden Wärme geschützt, keine höhere Temperatur als 37° R., während die größte Kälte wohl nicht — 40° R. übersteigen dürfte. Die Verschiedenheit der Temperatur der Luft hängt von verschiedenen Umständen ab, sie nimmt im Allgemeinen nicht allein von dem Aequator nach den Polen hin ab, sondern ist auch in den unteren Luftschichten größer, als in den oberen, so daß es immer kälter wird, je höher man kommt.

II. Ursachen der Veränderung der Erdoberfläche.

Es ist eine bekannte Thatsache, daß die Oberfläche unserer Erde steten Veränderungen unterworfen ist, welche theils langsam vorschreiten und kaum bemerkbar sind, theils großartig auftreten und bedeutende Strecken berühren. Die Erscheinungen, welche uns die Natur gegenwärtig in dieser Beziehung

bietet, lassen uns besonders zwei Agentien erkennen, die einen bedeutenden Einfluß üben auf die Gestaltung und Veränderung der Erdoberfläche, es sind die wässerigen und feurigen; das Wasser der Atmosphäre, des Festlandes und der Meere, sei es im dampfförmigen, flüssigen oder festen Zustande, und die Aeußerung der inneren Erdwärme mittelst vulkanischer Thätigkeit. Diese waren es wohl auch, die vom ersten Beginn unserer Erde an auf eben solche Weise wirkten, aber gewiß großartiger, und die feurigen vorherrschender gegen die wässerigen, obwohl jetzt das umgekehrte Verhältniß statt findet. Jedenfalls aber werden die Untersuchungen, auf welche Weise jene Agentien gegenwärtig noch wirken, manche Andeutungen liefern, wie man sich die Entstehung dieses oder jenen Theiles unserer Erdrinde zu denken habe.

1. Wirkungen des Wassers.

Was nun zuerst die Thätigkeit des Wassers betrifft, so ist diese theils eine chemische, theils eine mechanische, indem es auflösend und absetzend, oder abwaschend, fortführend und anschwemmend wirkt. Im Allgemeinen äußern sich diese beiden Arten der Thätigkeit des Wassers entweder auf zerstörende oder auf bildende Weise, und beide sind meist so mit einander verbunden, daß man sie nicht streng trennen kann. Häufig geht die chemische Thätigkeit des Wassers der mechanischen voran, oder arbeitet dieser gleichsam vor, wie das nicht selten bei der Zersetzung oder Verwitterung der Gesteine, namentlich der kristallinischen, der Fall ist, wobei man jedoch beachten muß, daß das Wasser nicht immer unmittelbar, sondern häufig auch mittelbar, durch Zuführung von atmosphärischer Luft und Kohlensäure zerstörend wirkt. Bei der Zersetzung der Gebirgsarten spielen überhaupt die Atmosphärilien eine bedeutende Rolle, so daß es wohl kein Gestein gibt, welches nicht wenigstens Spuren beginnender Verwitterung an seiner Oberfläche trüge. Allerdings gehen diese Veränderungen meist sehr langsam vor sich, und wir sind nicht immer im Stande, ihre ganzen Wirkungen zu verfolgen, aber durch ihre Allgemeinheit und ihr stetes Anhalten sind sie nichts desto weniger von großer Bedeutung. Die Zerstörung einer Gebirgsart geht übrigens um so rascher und merkbarer von statten, je leichter dieselbe Feuchtigkeit anzieht, und je schneller sie dieselbe durch Verdunstung verliert. Diesem steten Wechsel von Feuchtigkeit und Trocknung ist eine große Wirkung in jener Hinsicht zuzuschreiben. Auch hat die Struktur der Gesteine in dieser Beziehung viel Einfluß, einfache widerstehen länger allen äußeren Einflüssen, wie zusammengesetzte, dichte verwittern schwerer wie schieferige oder gar körnige. So werden z. B. manche Granite sehr schnell zerstört; eine Erscheinung, welche bei diesem Gestein in der Auvergne, im Vivarais und den östlichen Pyrenäen so allgemein ist, daß hier große Strecken kein festes Gestein, sondern nur eine dicke Grußbedeckung zeigen. Sehr deutlich können die Wirkungen der Verwitterung an dem Syenit des Felsberges bei Reichenbach im Odenwalde nachgewiesen werden. Mächtige Quarzfels-Massen ragen hier 40 bis 50 Fuß hoch und etwa 20 Fuß breit aus dem Syenit empor und lassen sich auf weite Strecken verfolgen; diese sind aber nichts anderes als Quarz-Gänge, die früher von Syenit ganz umgeben waren, jetzt aber, da dieses Gestein leichter wie der Quarz verwittert, frei dastehen, und den Beweis liefern, welchen Zerstörungen hier der Syenit im Laufe der Zeit unterworfen war. Durch diese Wirkungen finden wir nicht nur fast auf allen Gebirgshöhen, sowohl aus krystallinischen als aus geschichteten Gebirgsmassen bestehend, Trümmer und Stücke von Gesteinen, die länger der Zerstörung zu widerstehen vermochten, sondern auch an deren Abhängen und Füßen angehäuft; wo sie hier namentlich zuweilen die

sogenannten Stein- oder Felsmeere bilden. Letztere Erscheinung findet man besonders bei Graniten und Syeniten; diese, welche häufig stark zerklüftet sind, zertheilen sich in große Blöcke, die nach und nach durch die Verwitterung zugerundet wurden, und entweder übereinander liegen blieben, oder zusammenstürzten und an dem Abhange auf einander thürmten. Auch die Verwitterung der Sandsteine hat nicht selten zur Bildung der wunderbarsten Formen Veranlassung gegeben, wie man solche in der sächsischen Schweiz, zu Adersbach in Böhmen, im Anweiler Thale ꝛc. sehen kann. Nicht allein die abweichende Beschaffenheit des Bindemittels, sondern auch die verschiedene Festigkeit desselben, oft in ein und derselben Schicht, die Mächtigkeit der letzteren und die Zerklüftung bedingen jene Formen. Manchmal findet man plattenförmige Massen übereinander gehäuft, die nichts anderes als Schichtenstücke sind, die länger der Verwitterung widerstanden, indem stellenweise ein festeres Cäment angehäuft war. Zuweilen hat ein solches Stück die darunter liegenden Schichten so geschützt, daß sie nicht ganz zerstört wurden, und nun ein kleinerer Ueberrest derselben jenem zur Unterlage dient. Vertikal zerklüftete und dabei sehr mächtig geschichtete Sandsteine liefern säulen- und nadelförmige Gestalten, wie man solche besonders beim Quadersandstein findet. In allen diesen Fällen wirken Temperatur-Veränderungen, Atmosphäre und Wasser in Gemeinschaft oder stetem Wechsel auf die Zerstörung der Gebirgsarten hin, obwohl letzteres die Hauptrolle dabei spielt, indem es, in die Gesteine eindringend, dieselben aufzulockern strebt, wobei es sich mit einzelnen Theilchen chemisch verbindet oder andere mechanisch wegführt, kurz auf solche Weise stets neue Flächen dem fortwährenden Angriffe blos stellt. Diese Zerstörungen werden noch vermehrt, wenn das Gefrieren des Wassers, welches in die Gesteine und deren Risse gedrungen ist, statt findet, indem dasselbe als Eis einen größeren Raum einnimmt, wodurch dann die Theile des Gesteins auseinander getrieben und aufgelockert oder auch in größeren oder kleineren Stücken losgetrennt werden.

Es finden jedoch diese verschiedenen Arten der Zersetzung von Gebirgsarten nicht allein von Außen statt, sondern wir treffen auch Erscheinungen, welche darauf hinweisen, daß im Innern derselben Veränderungen vor sich gegangen sein müssen und noch vor sich gehen, worauf wir auch früher schon hingewiesen haben. Besonders wichtig ist daher in dieser Beziehung die Durchdringbarkeit der Gesteine vom Wasser; je leichter jene von diesem durchdrungen werden, desto leichter werden dieselben verwittern, und Theilchen selbst aus ihrem Innern entfernt werden. Wenn wir sehen, daß selbst in sehr feinkörnige oder fast dichte Gebirgsarten Wasser eindringt, wie man das z. B. beim Basalt manchmal findet, in welchem man Ansammlungen von Wasser in Blasenräumen getroffen hat, so werden wir auch Veränderungen zugeben müssen, welche durch das Wasser im Innern der Gesteine hervorgerufen wurden. Das atmosphärische Wasser nun, welches in das Innere unserer Erde eindringt, sich an einzelnen Stellen sammelt, die Schichten verschiedener Gesteine durchläuft, löst eine Menge von Bestandtheilen der letzteren auf, mit welchen es dann gemengt als Quellen zu Tage tritt. Es gibt daher auch wohl kaum eine Quelle, die ganz frei von fixen Bestandtheilen wäre. Ebenso fehlt gewiß keiner das am meisten verbreitete Gas, die Kohlensäure, die wir von einem fast unmerklichen Gehalt bis zur völligen Sättigung in denselben steigen sehen. Die Beimischung mineralischer Bestandtheile in den Quellen ist aber Folge eines Auflösungs-Prozesses schon vorhandener Stoffe, die wir nirgends anders als in den Gebirgsarten selbst suchen können. Bei diesem Prozesse aber müssen wir zwei Fälle unterscheiden, entweder sind die Bestandtheile der Quelle schon im Gestein ge-

bildet, und brauchen nur, wie z. B. das Steinsalz, vom Wasser aufgelöst zu werden, oder sie sind in den Gebirgsarten in anderen Verbindungen enthalten, wie die Alkalien, alkalische Erden, Kieselerde, Eisen- und Manganoxydul u. s. w., und können erst in Folge einer Zersetzung extrahirt werden. Bei diesem letzteren Prozesse scheint in den meisten Fällen Kohlensäure eingewirkt und Zersetzung und Auflösung zugleich stattgefunden zu haben. Müssen jene Wasser eine bedeutende Tiefe durchlaufen, so werden sie, da, wie schon bemerkt wurde, die Temperatur nach dem Erdinnern zunimmt, als heiße Quellen zu Tage kommen; und lösen dann meistentheils eine größere Quantität von Stoffen auf, wie kalte Wasser. Die kalten und heißen Mineralquellen liefern uns Beweise von verschiedenen Bestandtheilen, welche die Wasser im Innern der Erde aufgelöst und mit auf deren Oberfläche bringen, wo dieselben theils abgesetzt, theils weiter in das Meer geführt werden. Unter allen Substanzen ist der kohlensaure Kalk diejenige, welche wir am häufigsten im Quellwasser aufgelöst finden, und die in bedeutender Menge abgesetzt wird, worauf wir schon früher hingewiesen haben. Aber bei weitem nicht aller kohlensaure Kalk, welchen die Wasser im Innern der Kalkgebirge auflösen, wird auch außen wieder niedergeschlagen, sondern einen großen Theil desselben führen die Bäche und Flüsse weiter ins Meer. Die Quantitäten kohlensauren Kalkes, welche den Kalkgebirgen auf solche Weise nach und nach entzogen werden, sind jedoch so bedeutend, daß schon in manchen Gegenden Erdfälle dadurch entstanden. So unter andern auf der Ebene, die sich von der Haar und dem Teutoburger Walde nach der westphälischen Niederung verflacht, im Aarthale in Nassau, in Krain ꝛc. Daß jedoch solche Auswaschungen in zerklüfteten Kalkgebirgen vollkommen hinreichen, um Erdfälle hervorzurufen, hat G. Bischof nachgewiesen. Im Wasser der Pader in Westphalen, in welchem sich sämmtliche Pader-Quellen vereinigen, fand derselbe $^1/_{3959}$ seines Gewichts kohlensauren Kalk. Nach angestellten Messungen beträgt aber die Menge des in einer Minute fortfließenden Wassers dieses Flußes 1,074,450 Pfund, in welchem also 271,4 Pfund kohlensaurer Kalk enthalten sind. Hieraus berechnete jener, daß dieser Fluß in einem Jahre nahe einen Würfel von 93 Fuß Seite kohlensauren Kalkes dem Kalkgebirge dortiger Gegend entziehe. Einer der größten Erdfälle daselbst besitzt die Form eines umgekehrten Kegels von ungefähr 150 Fuß Durchmesser und 25 Fuß Tiefe; einen solchen Kalkkegel aber führen die Paderquellen in einem Zeitraum von ungefähr 67 Tagen fort. Was aber hier stattfindet hinsichtlich des Fortführens des Kalkes, kommt an unzähligen andern Orten ebenfalls vor, weßwegen man wohl auch gerade im Kalkgebirge so viele Höhlen trifft. Die meisten anderen festen Bestandtheile, welche die verschiedenen Mineralquellen aufgelöst enthalten, werden, mit Ausnahme von Kieselsäure und Eisenoxydhydrat, welche ebenfalls schon erwähnt wurden, sehr selten abgesetzt, sondern weiter geführt. Welche Quantitäten aber auch von diesen nach und nach dem Innern der Erde entzogen werden, beweist uns der Karlsbader Sprudel. Dieser bringt jährlich 746,884 Pfund Natron, 1,132,932 Pfund Glaubersalz, 238,209 Pfund Kochsalz, 86,020 Pfund Kalkerde, 17,369 Pfund Kieselerde, und 1240 Pfund Eisenocker und dabei noch 99,539 Kubikfuß kohlensaures Gas zu Tage. Jedoch werden auch manche Salze, besonders von Seen abgesetzt; so schlägt sich in einigen sogenannten Natronseen Aegyptens und in den Wüsten des östlichen Afrikas durch das Verdunsten des Wassers im Sommer Trona nieder; ebenso in denen des Thales von Lalagumilla in Columbien, wo dieses Salz unter dem Namen Urao bekannt ist. Am häufigsten wird jedoch das Steinsalz abgesetzt. In dieser Beziehung liefert besonders der Eltonsee in

der Kirkisensteppe, dessen wir schon früher gedachten, interessante Erscheinungen. Dieser See, welcher 47 Werst im Umfange besitzt, ist auf seinem Boden stets mit einer gesättigten Salzauflösung bedeckt. Durch das Verdunsten des Wassers im Sommer nemlich sondern sich fortwährend aus der konzentrirten Flüssigkeit Salzkrystalle ab, welche zu Boden sinken und im Laufe dieser Jahreszeit allmälig eine Salzschicht bilden. Dieses abgelagerte Salz ist locker und von schwachem Zusammenhang und zerfließt an der Luft wegen seines großen Gehalts an Chlorkalcium. Allmählich wird dasselbe indeß fester, und setzt sich als eine dichte Masse auf dem Boden des Sees, der aus einer älteren Salzlage besteht, ab. Im Frühlinge des folgenden Jahres wird jene Masse von dem in den See sich ergießenden Regen- und Schneewasser durchdrungen und durchspühlt und löst das Chlorkalcium auf. Das auf solche Weise gereinigte Salz sintert nun immer fester zu einer harten Masse zusammen, und wird altes Salz genannt. Auf dieser Salzschicht lagert sich nun eine schwarze schlammige Masse, welche von jenem Wasser zugeführt wurde, ab und trennt so die alte Lage von der im Laufe des Jahres sich bildenden neuen; ein Prozeß, der sich stets wiederholt, indem durch die Zuflüsse des Wassers stets frische Salztheile in den See geführt werden, indem nemlich der Boden dieser Steppen sehr stark mit Salz imprägnirt ist, und dies vom fallenden Regenwasser aufgelöst wird. Bei einem Bohrversuche, welcher 1805 angestellt worden war, um die Mächtigkeit der angehäuften Salzlagen zu erforschen, hatte man 100 Lagen bei einer Tiefe von 2 Faden durchsunken, ohne das Ende erreicht zu haben. Wir haben hier offenbar die Bildung eines Steinsalzlagers in unserer Zeit vor uns.

Eine bedeutendere Rolle noch spielen die mechanischen Thätigkeiten des Wassers. Das fließende Wasser nemlich führt theils die durch die Verwitterung aufgelockerten, theils die durch es selbst weggerissenen Gebirgstheile von einem Orte weg und setzt dieselben allmälig an anderen Stellen wieder ab, wobei die Art der Bewegung des Wassers von großem Einfluß ist. Fließende Wasser werden mehr hinwegführen, als ablagern und zwar um so mehr, je schneller ihre Bewegung ist. Bei ruhigerem Laufe derselben wird mehr abgesetzt werden. Schon bei vielen Quellen finden wir diese mechanische Wirkung bethätigt, indem sie feine sandige oder andere Theilchen von Gebirgsarten aus dem Innern hervorbringen. Hierdurch wird zuweilen die Unterlage für höhere Gebirgsmassen erweicht, schlüpfrig gemacht oder ganz hinweggeführt, wovon dann Bergstürze oder Bergschlüpfe die Folge sind. Einer der bedeutendsten Bergschlüpfe der Art ereignete sich am 2. September 1806 an der Südwestseite des Ruffi- oder Roßberges im Kanton Schwyz, dem Rigi gegenüber. Die ganze Masse dieses Berges besteht aus Nagelflue, welche zuweilen mit sandigen Thonlagern wechselt. Eine dieser Thonlagen, welche unter einem Winkel von 45° dem Thale zufiel, wurde durch anhaltenden Regen in jenem Jahre so erweicht und schlüpfrig gemacht, daß die darüberliegende Nagelfluemasse von etwa 1000 Fuß Breite, 100 Fuß Höhe und wohl von der Länge einer Stunde, ihren Halt verlor, und mit unglaublicher Schnelligkeit in das Thal niederrutschte, welches sich zwischen dem Zuger- und dem Lowerzer-See ausdehnte. Drei Dörfer, Goldau, Bussingen und Hülloch, wurden gänzlich bedeckt und ein Theil von Lowerz, Unter- und Ober-Rothen zerstört. Im Thalgrunde erhebt sich jetzt ein Hügel von 200 Fuß Höhe und beträchtlichem Umfange. Die Masse von Steinen und Schutt, welche in den See von Lowerz stürzten, war so bedeutend und machte das Wasser desselben so steigen, daß Seven an dem entgegengesetzten Ende desselben bedeutend überschwemmt wurde und Gefahr lief, fortgerissen zu werden. Aehnliche Erscheinungen, obwohl nicht so großartig, haben auch in anderen

Gegenden, in neuester Zeit bei Oppenheim stattgefunden. Nach anhaltenden heftigen Regen oder nach Wolkenbrüchen werden häufig Quellen durch die Erdtheilchen, welche auch im Innern der Gesteine die Menge des durchsickernden Wassers losgerissen, getrübt. Das bei jenen auf der Oberfläche abfließende Wasser aber, welches in der Richtung des stärksten Falles strömt, durchfurcht dieselbe, reißt sie auf, führt die losen Theile mit fort und richtet auf solche Weise oft sehr bedeutende Verwüstungen an. Aehnlich wirken die sogenannten Wildbäche in Gebirgen, welche durch Schmelzen des Schnees im Frühjahre, oder ebenfalls durch Regengüsse temporär entstehen. Sie reißen den Schutt der steilen Felswände hinweg, und setzen denselben an ihren Ausmündungen in die Thäler ab und bilden dann nicht selten wahre Schuttkegel.

Die Schnelligkeit der Bewegung des fließenden Wassers hängt besonders von der Neigung des Bodens, über welchen es hinläuft, also von dem Gefälle, von seiner Menge und von der Tiefe und Breite des Bettes, in welchem es strömt, ab. Die oberen Läufe der Bäche und Flüsse sind daher in der Regel die schnellsten, während die Geschwindigkeit derselben nach dem Unterlaufe hin allmählich abnimmt. Je nach der Schnelligkeit eines Flusses und der Größe der festen Theile, welche derselbe hinwegreißt und fortführt, setzen sich dieselben früher oder später ab. Oft führen die Flüsse feinere Bestandtheile, wie Sand und Schlamm, selbst bei verminderter Geschwindigkeit noch lange mit sich hinweg, während die größeren und festen Bruchstücke im Bette derselben fortgerollt werden oder ganz liegen bleiben. Diese, welche zuerst aus eckigen Gesteinstücken bestehen, wenn sie nicht aus Conglomeraten abstammen, welche besonders aus früher gebildeten Geschieben zusammengesetzt waren, hemmen ihre Fortschaffung, allein nach und nach werden dieselben durch das Aneinanderreiben an Ecken und Kanten abgerundet und zu Geröllen oder Rollsteinen verändert, ein Vorgang, der beinahe ununterbrochen fortwährt, wobei sich jene stets verkleinern, so daß sie leichter hinwegzuführen sind. Während man daher im oberen Laufe der Flüsse noch große Gerölle trifft, finden sich nach unten stets kleinere, am Ende oft nur Sand und Schlamm. Hierbei kommt jedoch auch die Größe des Flusses in Betracht. Flüsse von kurzem Laufe und starkem Gefälle führen noch Geschiebe in Seen und Meere, bei langem Laufe und geringerer Schnelligkeit aber bleiben jene früher liegen und nur Sand und Schlamm wird weiter gebracht, wodurch dann eine stete Erhöhung der Flußbette, eine Versandung derselben hervorgerufen wird. Bei größeren Anschwellungen kann es nun leicht sein, daß ein Fluß, wenn er nicht eingedämmt ist, sein Ufer durchbricht und bedeutende Ueberschwemmungen veranlaßt, ja sich selbst ein neues tieferes Bett gräbt, oder es entstehen auch Gabelungen der Flüsse, besonders in der Nähe ihrer Ausmündungen in Seen und Meere. Es bilden sich dann hier diejenigen Formen des Landes zwischen den Flußmündungen, welche man Deltas nennt, worunter man jedoch jetzt auch alle Anschwemmungen versteht, welche von Flüssen bei ihrer Ausmündung in große Becken abgesetzt werden.

Die einfachsten Verhältnisse der Deltas zeigen diejenigen Flüsse, welche in Seen münden, da hier keine so störende Bewegung, wie im Meere, dem Absatze sich entgegenstellt. So ergießen sich die meisten Flüsse der Alpen in Seen, wo sie eine ungeheuere Masse von Gestein-Trümmern und Geschieben, Sand und Schlamm niederlegen, und gewöhnlich mit klarem Wasser wieder abfließen. Von der Tiefe des Sees und der Beschaffenheit der Massen, welche ein Fluß jenem zuführt, hängt die Art der Ablagerung derselben ab. Geschiebe fallen auch hier früher nieder, während Schlamm und Sand weiter in den See hineingetrieben werden. Jedoch hat auf diese Verhältnisse die Geschwindigkeit

des Flusses bedeutenden Einfluß. Das Niedersinken der feinern Theilchen, welche durch die Rhone in den Genfersee gebracht werden, kann man gegen eine Meile weit, von dem Eintritt jener in diesen an, verfolgen, wo man dieselben in einer Tiefe von 500 Fuß trifft, woraus sich ein sehr schwaches Fallen der Ablagerung ergibt. Bei Ripaille dagegen führt ein Bergstrom Geschiebe in denselben See, bei deren Ablagerung wir ein viel stärkeres Fallen annehmen müssen, da in geringer Entfernung von dem Ufer die Tiefe schon gegen 450 Fuß beträgt. Dieselben Verschiedenheiten des Fallens der Ablagerungen zeigen sich auch in vielen anderen Seen, woraus hervorgeht, daß jenes hier von lokalen Umständen abhängt und nicht überall gleich sein kann. Jede Ablagerung eines Flusses oder eines Bergwassers in einem See bildet ein eigenes System, unabhängig von andern, ebenso wie ihre Massen wieder verschieden sein werden, je nach dem Gebirge, aus welchem sie kommen. Jene Ablagerungen aber werden sich allmälig nähern und endlich mit einander verbinden. Auf solche Weise kann es auch geschehen, daß endlich Seen ganz ausgefüllt werden, wofür manche Gebirgsthäler Beispiele liefern könnten; häufiger jedoch scheint die Trockenlegung eines Sees Folge des Durchbruchs seiner Ufer zu sein. Manche Ebene trägt den Charakter eines Seebettes, ihr Boden wird von Schuttanhäufungen gebildet und von einem Fluß durchströmt, der dieselbe durch einen engen Durchbruch verläßt, welcher verstopft den früheren See wieder herstellen müßte.

Die zerstörende Kraft der Flüsse wirkt stets auf eine Veränderung ihrer Ufer hin; setzt sich dem Laufe derselben ein Hinderniß entgegen, so wird dieses entweder so lange angegriffen, bis es weicht, wodurch zuweilen Einstürze von Felsmassen, auch Klippen entstehen, oder der Strom von einer auf die entgegengesetzte Seite gedrängt, und nun hier das Ufer in einer neuen Richtung aufgewühlt, und die weggerissenen Theile an anderen ruhigeren Stellen wieder abgelagert. Hindernisse im Laufe der Flüsse durch Wasserfälle und Stromschnellen kommen fast bei allen Flüssen, besonders in ihrem oberen Laufe vor. Einer der interessantesten Wasserfälle ist der des Niagara, zwischen dem Erie- und Ontariosee, indem jener Strom die Zuflüsse des ersteren Sees in den zweiten ableitet, liefert er zugleich das Beispiel eines Flusses, der rückwärts einen Engpaß einschneidet. Oberhalb der flachen den Ontario begrenzenden Gegend, erhebt sich ein Plateau, in welches sich der Niagara von Queenstown aus über anderthalb Meilen rückwärts einen Paß eingeschnitten hat. Nachdem derselbe nemlich vom Eriesee aus etwa 21 englische Meilen weit auf jenem Plateau geflossen ist, stürzt er plötzlich in einer Breite von 3300 Fuß, durch eine kleine Insel in zwei Arme getheilt, 165—175 Fuß fast senkrecht herab, und strömt nun wüthend auf dem Boden eines engen, gegen 200 Fuß tiefen, mit mauerähnlichen Abhängen versehenen Thales bis Queenstown weiter, wo er in die Ebene des Ontario tritt. Dieser tiefe und enge Einschnitt ist das Werk des Flusses selbst, wovon die Gegenwart die besten Beweise liefert, denn seit 40 Jahren soll derselbe 150 Fuß gegen den Eriesee hin vorgerückt sein. Jenes Plateau nemlich besteht aus horizontal liegenden Schichten von Schiefern und Kalksteinen; jene, welche zu unterst liegen und leicht zerstörbar sind, werden durch das hochherabstürzende Wasser erweicht und hinweggespült, so daß die darüberliegenden festen Kalkstein-Bänke, nachdem sie ihre Unterlage verloren haben, endlich dem eigenen wie dem Gewichte des darüber strömenden Wassers nachgebend, zusammenbrechen und der Fall auf solche Weise rückwärts dem Eriesee zuschreitet, welcher Vorgang damit, wenn auch in Tausenden von Jahren, endigen muß, daß dieser See soweit trocken gelegt wird, daß er nur noch das

Bett des Flusses enthält, welcher die Zuflüsse der oberen drei Seen ableitet. — Unter gewissen Verhältnissen vertiefen die Ströme auch ihr Bett auf andere Weise; wenn sich nemlich zwei oder mehrere Flüsse zu einem vereinigen, und die Breite des letzteren bedeutend geringer ist, als die der einzelnen zusammengenommen, so wird durch die größere Wassermenge das Bett vertieft, da selbst bei geringerem Gefälle die Geschwindigkeit vermehrt wird. Auf der anderen Seite erhöhen jedoch die Flüsse noch häufiger ihr Bett, indem sie die festen Theile, welche sie mit sich führen, nach und nach niederfallen lassen, so wie sich ihre Geschwindigkeit und somit deren fortschaffende Kraft vermindert. Diese Thatsache findet besonders in Oberitalien ihre Bestätigung, wo man schon von den ältesten Zeiten her die sich versandenden Flußbette eindämmte, um die bewohnten Ebenen vor nachtheiligen Ueberschwemmungen zu schützen. Durch die stete Erhöhung der Flußbette aber und die dadurch nothwendig gewordene Aufschüttung der Dämme, ist es nach und nach dahin gekommen, daß sich die Flüsse über das Niveau der Umgegend erhoben haben, wie dies z. B. der Po sehr auffallend zeigt, dessen Bett so erhaben ist, daß die Stadt Ferrara weit unter seinem Wasserspiegel liegt. Dieser Strom fließt auf dem Rücken eines langen Dammes durch die lombardische Ebene.

Bei der Bildung der Deltas größerer Flüsse an ihrer Ausmündung in das Meer, kommen noch einige eigenthümliche Verhältnisse in Betracht, namentlich ob das Meer Ebbe und Fluth besitzt oder nicht, und im ersteren Falle, ob dieselbe bedeutend ist. Auch hat auf das schnellere Entstehen dieser Deltas die Tiefe des Meeres, in welchem sich dieselben ansetzen, den größten Einfluß; ihre Bildung wird um so schneller vor sich gehen je geringer die Tiefe ist. Wellen und Strömungen werfen an dem äußersten Rande der Deltas nicht selten Dämme, sogenannte Uferwälle auf, hinter welchen die Fortbildung derselben ruhiger geschehen kann. So ist es bei dem Nil. Das Delta dieses Flusses, welches einen Flächenraum von 400 Quadratmeilen einnimmt, bildet von Kairo an, nach beiden Seiten hin sich ausdehnend, eine beinahe horizontale Ebene von dreieckiger Gestalt. Es ist nach allen Seiten hin von den Armen des Nils und von Kanälen durchschnitten. Von den beiden Hauptarmen des Stroms, welche einen großen Theil des Deltas einfassen, besitzt der westliche, der von Rosette, nahe bei seiner Ausmündung etwa 1800 Fuß Breite und 4 bis 6 Fuß Tiefe, der östliche, der von Damiette, aber nur 900 Fuß Breite und 8 Fuß Tiefe bei niederem Wasserstande. Gegen das Meer hin wird das Delta von einem Uferwall begrenzt, hinter welchem sich eine Menge von Seen befinden, welche durch mehrere Einschnitte mit dem Meere in Verbindung stehen. Dieser Uferwall wird von einem kalkigen Sandstein gebildet, der meistens nur von geringer Festigkeit ist und daher den Einwirkungen der Meereswogen nur schlecht widersteht; allein der Verlust, welchen er durch diese erleidet, wird durch die stete Fortbildung wieder ersetzt. Durch die kleinen mikroskopischen Schalen von Foraminiferen, welche im Ufersande leben, und durch die Infiltration des Kalkes der im Nilwasser enthalten ist, wird der Meeressand zu einem Sandsteine zusammengebacken. Die periodischen Regengüsse in den höheren Gegenden, aus welchen der Nil herabströmt, veranlassen ein Steigen desselben, das im Anfange Juli beginnt und gegen Ende September seinen höchsten Stand erreicht, wodurch das ganze Delta überschwemmt wird. Das Wasser führt dann einen feinen Schlamm mit, der sich überall niederschlägt, so daß sich jährlich eine neue Schlammschicht bildet, wodurch die Oberfläche des Deltas seit Anfang der christlichen Zeitrechnung um $6^1/_3$ Fuß erhöht worden sein soll; auch werden die Seen nach und nach ausgefüllt. An den beiden Mündungen der Hauptarme

des Nils haben sich auch Vorsprünge über den Uferwall hinaus in das freie Meer gebildet, die jedoch, wegen der zerstörenden Einwirkung der Meereswellen, nur sehr langsam vorschreiten, so daß ihr Wachsthum im Jahre kaum 12 Fuß betragen soll. Weit schneller schreitet das Delta des Po im Adriatischen Meere vor. Adria, welches zu Zeiten der Römer ein Hafen war, liegt jetzt etwa 9 Stunden von dem Meere entfernt. Um das Jahr 1600 betrug diese Entfernung erst 5 Stunden, so daß die jährliche Zunahme seit dieser Zeit etwa 215 Fuß ausmacht. Am schnellsten von allen Deltas dehnt sich wohl das des Mississippi aus. Dasselbe ist sehr bedeutend, aber nur wenig über den Meeresspiegel erhaben, und während fast neun Monaten des Jahres von Wasser überschwemmt. Zur Zeit der Anschwellungen führt der Fluß eine außerordentliche Menge von Baumstämmen, ja von ganzen Bäumen mit Aesten und Wurzeln dem Meere zu; diese bilden zuweilen Flöße, in welchen sich der Sand und Schlamm festsetzt, so daß schwimmende Inseln entstehen, die sich dann später mit dem Land vereinigen und dasselbe vergrößern. Die Menge der festen Theile, welche der Mississippi wegführt, ist so ungeheuer, daß dessen Delta um etwa 1000 Fuß jährlich vergrößert wird. Dieses ist jedoch noch in anderer Beziehung merkwürdig: während nemlich die Bildung der Deltas der Flüsse an ihrer Mündung ins Meer von dem Vorhandensein der Uferwälle *abhängt*, hinter welchen der Absatz von Sand und Schlamm ruhig stattfinden kann, und über welche hinaus die Vergrößerung der Deltas nur sehr unbedeutend ist, macht der Mississippi hiervon eine Ausnahme, indem er sein Delta in das freie Meer hinausbaut. Es scheint, daß hier die außerordentliche Menge von Bäumen und Pflanzen, welche der Strom aus den Urwäldern herbeiführt, und die sich oft so anhäufen, daß sie wahre Dämme bilden, auf jene Thatsache Einfluß üben.

In den breiten offenen Flußmündungen, die durch keinen Uferwall gegen das Meer geschützt sind, und die man Aestuarien nennt, setzen sich die Gerölle, der Sand und Schlamm nicht in der Weise ab, wie in ruhigem Wasser, da hier das Meer frei einwirken kann, und Ebbe und Fluth herrschen. Von keinem Uferwall geschützt, tritt nemlich die Fluth in die Flußmündung ein, stäut das Wasser des Stroms auf und drängt dasselbe zuweilen so zurück, daß dasselbe landeinwärts fließt und die Fluth manchmal in großer Entfernung von der Küste zu spüren ist. Bei eintretender Ebbe, wo das Meer zurücksinkt, strömt nun der Fluß, da sein Gefälle erhöht war, mit vermehrter Geschwindigkeit vorwärts und reißt die während der Fluth abgesetzten festen Theile mit gewaltiger Kraft fort, und führt den größten Theil derselben weit in das Meer hinein und setzt sie auf dessen Boden ab. Ein Beispiel hiefür liefert der größte aller Flüsse, der Amazonenstrom oder Maranhon, der trotz der ungeheueren Menge von Sand und Schlamm, welche er in das Meer führt, dennoch kein Delta bildete, weil ihm ein Uferwall fehlt, der den Absatz von jenen gegen die Meeresströmung, die dort herrscht, geschützt hatte. Der Aequatorialstrom nemlich, welcher von der Küste von Guinea kommend, den Ocean dem Aequator entlang nach Westen hin durchschneidet, trifft auf Südamerika, wendet sich hier nördlich und setzt in den mexikanischen Meerbusen weiter fort, reißt die von dem Amazonenstrom in das Meer geführten Massen mit fort, und bildet so zwischen diesem Fluß und dem Orinoco eine Reihe von schlammigen Uferbänken, welche sich stets vergrößern und dem festen Lande von Guyana anschließen. Ebenso werden die sandigen und anderen Theile, welche der Orinoco ins Meer bringt, weiter geführt und an den Antillen, besonders an Trinidad abgesetzt, oder auf dem Boden des mexikanischen Golfs selbst abgelagert. Die feineren Theile

werden aber in allen solchen Fällen oft sehr weit von dem Meere fortgetragen, ehe sie sich auf dessen Boden niederschlagen, wo sich allmählig Schichten aus diesem Material bilden. Welche Menge von erdigen Theilen jährlich durch die Flüsse in das Meer gefördert wird, ergibt sich daraus, daß wenn man die Wassermasse, welche alle Flüsse zusammen genommen jährlich in das Meer ergießen, auf ungefähr 455 Kubikmeilen berechnet, und ferner annimmt, daß der mittlere Schlammgehalt derselben nur $^{1}/_{455}$ betrage, was eher zu wenig, als zu viel sein dürfte, so betragen jene erdigen Theile doch eine Kubikmeile.

Die Wirkungen des Meeres auf seine Ufer sind theils zerstörender, theils bildender Natur. Erstere äußern sich besonders da, wo steile felsige Ufer den Wogen Widerstand leisten, während letztere hauptsächlich an Ufern, welche aus Sand und Gerölle bestehen und eine sanfte Neigung besitzen, statt finden. Alle diese Wirkungen werden theils durch die beständigen Meeresströmungen, theils durch die Bewegungen von Ebbe und Fluth, hauptsächlich aber durch die von den Winden veranlaßte Wellenbildung des Meeres hervorgerufen. Diese, die Wellen, sind ein sehr kräftiges Zerstörungsmittel der Küsten, und ihre Einwirkung wird besonders da sichtbar, wo das Ufer aus wenig festem Gestein besteht und plötzlich ansteigt. Hier werden durch die steten Wellenschläge, Brandung, die unteren Theile unaufhörlich angegriffen und nach und nach so ausgewaschen und ausgehöhlt, daß die oberen Theile überhängen, endlich ihrer Unterlage mehr und mehr beraubt, wanken und ins Meer stürzen. Auf diese Weise sind zu verschiedenen Zeiten an vielen Orten beträchtliche Strecken an den Küsten eingestürzt, Vorgebirge vom festen Lande getrennt worden, oder gänzlich verschwunden. So nehmen z. B. die Halbinseln Purbeck und Portland immer mehr und mehr ab. An letzterer beschleunigt das weiche unten liegende Lager von Kimmeridge-Thon das Niederfallen der darüber liegenden Kalksteinschichten, so daß mehrere male bedeutende Striche Landes vom Meere verschlungen wurden. Dies geschieht auch besonders rasch an den Küsten, welche ein tiefes Meer begrenzen, in welches sogleich die abgelösten Blöcke fallen, oder da, wo die Brandung mächtig genug ist, um die Gestein-Trümmer hin und her zu werfen, sie beständig zu verkleinern und endlich hinweg zu räumen, oder auch ganz zu Sand zu zermalmen. Häufen sich jedoch die von steilen Meeresufern herabgefallenen Blöcke von festem Gestein an dem Fuße derselben an, so bilden sie ein natürliches Bollwerk gegen die Wirkung der Wogen, welche sich an diesem Damme brechen, ehe sie auf jenes einzuwirken vermögen. Werden die Ufer aus festen, harten Gesteinen gebildet, so widerstehen sie der zerstörenden Kraft des Meeres ebenfalls bei weitem länger; auch kommt viel bei geschichteten Gesteinen auf den Fall der Schichten an, senken sich dieselben gegen das Meer, so werden sie viel länger den Wogen widerstehen. Die zerstörenden Wirkungen des Meeres auf die Küsten des Festlandes und der Inseln werden noch bedeutend erhöht, wenn das Meer durch Stürme in heftige Bewegung gesetzt wird. Es zerstört dann, besonders zur Zeit der Fluth, niedrige Inseln und Landstriche, versandet Häfen und setzt wieder neue Landtheile an, so daß hierdurch große Veränderungen an den Meeresufern entstehen. Spring- oder Sturmfluthen haben besonders die Küsten von Holland, Friesland und Schleswig zu verschiedenen Zeiten sehr verändert. So wurde in ersterem Lande im Laufe des dreizehnten Jahrhunderts der Zuydersee durch verschiedene Springfluthen gebildet. Auf gleiche Weise entstand neben der Emsmündung in Ostfriesland vom Jahre 1277 bis 1539 der Dollart, und früher schon, 1218, war ebenso neben der Wesermündung die Jahde gebildet worden. Seit dem neunten Jahrhundert ist die Insel Helgoland von den Meeresfluthen stets verkleinert worden. Auch die

Westküste Schleswigs wird von Jahr zu Jahr kleiner. Nordstrand, welches früher nebst den Inseln Sylt und Föhr so mit letzterem Lande verbunden war, daß das Ganze eine Halbinsel desselben bildete, welche Nord-Friesland hieß, wurde im Jahre 1240 vom Festlande abgerissen. Die dadurch entstandene Insel hatte gegen Ende des sechzehnten Jahrhunderts noch über vier geographische Meilen im Umfange, wurde aber, nachdem sie verschiedene Male durch hohe Sturmfluthen sehr gelitten, 1634 überfluthet und gänzlich zerstört. Die kleine Insel Nordstrand und Pelworm, sowie einige unbedeutende Holme sind die Ueberreste jener großen fruchtbaren Insel.

Die reproduktive Kraft des Meers wurde schon einige Male angedeutet; die von demselben losgerissenen festen Theile, werden nicht selten weggeführt und an anderen Stellen wieder angesetzt, wodurch Untiefen entstehen, Häfen und Buchten versanden und endlich Landstrecken gebildet werden. An sanft geneigten Ufern sieht man, wie durch die Bewegung der Wellen die größeren Geschiebe und Gerölle oft am weitesten gegen das Land hin gerollt werden und hier bei dem Zurückweichen derselben liegen bleiben, wodurch nach und nach ein Aufwurf von diesem Materiale gebildet wird, während die Wellen die kleineren Geschiebe und den Sand wieder mit hinwegreißen, beim Zurückkehren aber am Fuße jenes Aufwurfs ablagern. Auf diese Weise entstehen Geschiebebänke und Sandwülste, Uferwälle, die sich, an Vorsprünge des Meeresufers anlehnend, oft meilenweit an Buchten hin erstrecken, und schmale Landzungen, Nehrungen bilden, wodurch jene in Seen oder Haffe verwandelt werden. Diese Uferwälle bleiben zum Theil aus diesem leicht beweglichen Materiale zusammengesetzt, und sind deßwegen auch steten Veränderungen unterworfen, zum Theil werden dieselben durch infiltrirten Kalk cämentirt und zu Conglomeraten und Sandsteinen umgewandelt, die dann einen festen Damm gegen das Meer bilden und sich nicht selten nach und nach vergrößern. Bestehen diese Uferwälle aber aus losem und sehr feinem Sand, so daß der Wind denselben zu bewegen vermag, so entstehen an flachen, Ebbe und Fluth besitzenden Küsten, die zugleich heftigen Winden ausgesetzt sind, lange Reihen von Sandhügeln, Dünen, welche an dem Meeresufer hinziehen und oft weit in das Land hinein sich erstrecken.

Auf die Rolle, welche das Wasser in festem Zustande, als Eis spielt, wurde ebenfalls schon hingewiesen; wie es zerstörend auf Felsmassen wirkt, wie es als Gletscher und Eisinseln zur Fortschaffung von Geröllen und großen Blöcken dient, und endlich auch hierdurch und durch Anhäufung von Gesteinen bildend wirkt. Das Endresultat aller dieser zerstörenden Einwirkungen des Wassers auf die Oberfläche unserer Erde ist die Reduktion der festen Massen derselben zu losen Geschieben bis zu den feinsten Theilchen, die allmählich gewissen Stellen, besonders dem Meere zugeführt werden. Aus diesen Trümmern der verschiedensten Gesteine entstehen nach und nach neue Schichten, eine Thatsache, die wir auch bei älteren Formationen wahrnehmen. In vielen Conglomeraten und Trümmer-Gesteinen dieser Epochen lassen sich die Felsarten nachweisen, aus deren Zerstörung sie hervorgegangen sind, ja selbst bei vielen Sandsteinen und Thonen ist dies der Fall. Die meisten Kalksteine wurden durch chemische Kräfte und Zersetzungen hervorgerufen, auch hatte auf ihre Bildung das organische Leben nicht selten thätig eingewirkt. Es wurde schon früher darauf hingewiesen, wie das organische Leben bei der Bildung mancher Schichten sich betheilige; wir wollen zur Ergänzung dessen, was schon gesagt wurde, nachträglich noch einiges in dieser Beziehung anführen. Zwar sollte hier nur von den Wirkungen des Wassers die Rede sein, und die angedeuteten Bemerkungen an einer anderen Stelle angereiht werden, allein wir glauben

dieselben um so mehr hier einschieben zu können, als die meisten jener Schichten-Bildungen durch das Wasser vermittelt werden. Unter den Ablagerungen, welche noch heutiges Tages auf der Oberfläche unserer Erde durch organische Thätigkeit bedingt sind, und für die Geologie besondere Wichtigkeit besitzen, gehören besonders diejenigen, welche ihr Entstehen gewissen Zoophyten verdanken. Die Korallen-Polypen aus den Geschlechtern der Meandrinen, Madreporen, Asträen und Caryophyllen, die gesellig und dicht gedrängt nebeneinander leben, sind es hauptsächlich, welche mittelst ihrer stärkeren, gewöhnlich ästigen Kalkstöcke ganze Bänke und niedrige Inseln bilden. Die Thätigkeit dieser Thiere finden wir besonders im stillen Ocean, im ost- und westindischen Archipel, an der Ostküste Afrikas und im rothen Meere, zwischen dem 32° nördlicher und dem 28° südlicher Breite entwickelt. Sie bedürfen eines felsigen Bodens von einer gewissen Tiefe und ein Meer das ihnen die gehörige Nahrung zuzuführen im Stande ist. Einige dieser felsbauenden Polypen, Lithophyten unserer Meere, bauen sich im Innern der Riffe auf der von dem Winde abgewendeten Seite an, andere dagegen lieben vorzüglich die Windseite mit heftiger Brandung, wie denn überhaupt in verschiedenen Tiefen und an gewissen Lokalitäten verschiedene Arten sich zu entwicklen scheinen. Nach den Formen, welche die Bauten dieser Thiere besitzen, hat Darwin dieselben in folgende Abtheilungen gebracht: 1) Küstenriffe, solche, welche längs des Festlandes und der Inseln sich finden und unmittelbar an deren Küsten anliegen. Diese sind besonders im ost- und westindischen Ocean und längs der Küsten des afrikanischen und amerikanischen Festlandes verbreitet. 2) Dammriffe, solche, die in einiger Entfernung von den Küsten der Inseln und Kontinente getroffen werden, indem sie stets durch einen mehr oder minder breiten Meeresarm von jenen getrennt sind. Inseln erscheinen oft ganz von einem solchen Riff konzentrisch umgeben, so daß zuweilen nur ein kleiner Einschnitt vorhanden ist, durch welchen der innere Kanal mit dem offenen Meere in Verbindung steht. Diese Dammriffe ziehen sich nicht selten über sehr weite Strecken längs der Küsten der Festländer und Inseln hin, so z. B. 400 englische Meilen an der Küste von Neukaledonien, sie finden sich von großer Ausdehnung an der Nordseite von Australien, so wie die meisten Inselgruppen des stillen Oceans von solchen Dammriffen umgeben sind. Endlich 3) Atolls oder Lagunenriffe, solche ringförmige Riffe oder Inseln, auch Inselgruppen, welche einen See oder eine Lagune, umschließen, der zuweilen ganz von dem Meere abgeschlossen ist, meistens aber durch einen Einschnitt mit demselben in Verbindung steht. Das Wasser der Lagunen im Innern der Atolls, ist ruhig und still und besitzt gewöhnlich eine Tiefe von 60 bis 120 Fuß; manchmal sind diese Seen auch sehr seicht, auch sollen sie nach und nach von den Korallen ganz ausgefüllt werden. Die Atolls finden sich an den Carolinen, Marshals-, Societäts- und anderen Inseln im stillen Ocean, und im indischen Meere an den Inselgruppen der Maldiven und Lacadiven. — Da die Korallenthiere absterben, wenn sie aus dem Wasser kommen, so bauen sie auch nie über eine gewisse Grenze in der Höhe, etwa 4 bis 6 Fuß unter dem niedersten Wasserstande, dagegen suchen sie aber stets eine gleiche Höhe zu dem Meeresniveau zu halten. Auf der anderen Seite haben jedoch auch Untersuchungen gezeigt, daß die Korallen sich nur in einer gewissen Meerestiefe anzusiedeln und zu leben vermögen, obwohl dieselbe von verschiedenen Naturforschern sehr verschieden, von Darwin z. B. zu höchstens 30 Fuß angenommen wird. Wo sich demnach Korallenriffe von großer Mächtigkeit finden, da muß sich der Boden seit der Ansiedlung der ersten Korallen nach und nach gesenkt haben, während dieselben nach oben hin fortbauten, starben die unteren, weil sie in größerer

Tiefe nicht zu leben vermögen, ab. Auf solche Weise kann aus einem Küsten-ein Dammriff, und aus diesem in gewissen Fällen ein Atoll entstanden sein. Durch solche Senkungen des Bodens erklärt sich dann die Ringform der letzteren auch sehr einfach. Wo aber der Boden sich gehoben hat, da finden sich Korallen-Massen mehr oder minder über dem Meeresniveau, wie das die hohen Korallen-Berge der Insel Timor in Westindien zeigen. Man hat besonders im stillen Meere und im indischen Ocean verschiedene Striche nachgewiesen, wo Hebungen oder Senkungen des Bodens stattfanden. — Die Umgestaltung solcher Korallenriffs zu bewohnbaren Inseln geschieht auf die Weise, daß wenn die Polypen, die die obere Lage der Riffe bildeten, durch Springfluthen oder sehr niedrigen Wasserstand getödtet wurden, nach und nach Fragmente von Muscheln, Schnecken und Seeigeln durch die Brandung bedeckt werden, die dann durch einen feinen Kalksand und Schlamm zu einem Conglomerat zusammenbacken. Letzteres nimmt stets zu, so daß das Riff sich immer mehr über das Wasser erhebt, bis endlich durch Winde oder Vögel Samenkörner herbeigebracht werden und eine Vegetation entsteht.

Eine andere Klasse von Zoophyten, die Infusorien und Rhizopoden, üben ebenfalls durch die ungeheuere Menge, in welcher sie zusammenleben und durch die erstaunliche Fortpflanzungskraft, Einfluß auf die Entstehung von Schichten aus. Von ersteren sind es besonders die Geschlechter, welche mit einem festen Kieselpanzer versehen sind, der nach dem Tode der Thierchen auf dem Boden des flachen stehenden Wassers, in welchem sie hauptsächlich leben, zurückbleibt, wodurch nach und nach Schichten von solchen Infusionsthierchen gebildet werden. — Die Rhizopoden leben vorzüglich an seichten Meeresufern, besonders Buchten, wo sich ein feiner leichter Sand befindet, den sie zuweilen zu einem kalkigen Sandsteine zusammenbacken. Sie wohnen in solcher Menge beisammen, daß durch das unausgesetzte Entstehen neuer und das Absterben alter Individuen, ihrer Kleinheit ungeachtet, der Meeresboden in einem sehr bemerkbaren Grade mit Kalkmasse aufgefüllt wird. — Anhäufungen von ein- und zweischaligen Muscheln, theils wohl erhalten, theils in Bruchstücken, findet man an manchen Stellen des Meerufers, zuweilen durch klein zerriebene Theile der Schalen, oder durch feinen Kalksand zu einer Brekzie zusammengebacken.

Von den Pflanzen sind besonders diejenigen in geologischer Hinsicht von Wichtigkeit, die durch Anhäufung einer beträchtlichen Menge von Individuen ganze Strecken Landes bedecken, die aber auch durch Vermehrung ihrer Massen und Ansammlung ihrer Trümmer schichtenweise Ablagerungen bilden können. Es sind daher besonders die Torfmoore, die Wälder und die Bänke verschiedener Fucusarten, welche man hie und da im Meere findet, besonders beachtenswerth; auch die Anhäufungen von Treibholz können von Bedeutung sein. Wir haben schon früher der Torfmoore, der untermeerischen Wälder und der Treibholzanhäufungen erwähnt, und selbst darauf hingewiesen wie solche zur Kohlenbildung beigetragen haben könnten, hier soll nur noch kurz der Wälder und Fucusbänke gedacht werden. In jenen, d. h. in den Urwäldern, wie man sie heut zu Tage noch in Amerika trifft, findet sich eine bedeutende Menge vegetabilischer Stoffe angehäuft. Stämme, Aeste, Zweige und Blätter, den Boden bedeckend, sind durch wuchernde Schlingpflanzen und Moose allmählich in feste Schichten verwebt worden, die sich nach und nach in eine torfartige Substanz verwandlen; ein Vorgang, der offenbar darauf hinweist, auf welche Weise wir die Ansammlung der vegetabilischen Stoffe, die zur Entstehung der Kohlen in früheren Perioden erforderlich waren, wenigstens theilweise anzunehmen haben. — In einigen Meeresgegenden, so namentlich zwischen den Antillen

und Azoren, finden sich ungeheure Massen schwimmender Tangen, welche mitten im Meere wahre Fucusbänke bilden, die gewiß unter besonderen Umständen zur Schichtenbildung beitragen können, die auch in früheren Zeiten zu solchen beigetragen haben. Diese Bänke geben zugleich Veranlassung zur Ansiedlung vieler anderer Organismen, kleiner Zoophyten, Radiarien, Molusken, Krebsen und Fischen; eine solche Bank, in fossilen Zustand versetzt, würde ein Gesteinlager voll organischer Ueberreste geben; und in der That haben wir auch in den älteren Formationen Schichten, die ganz den Charakter solcher Bildungen tragen, wie z. B. der Liasschiefer, der an einigen Orten ganz aus Algaziten besteht, in welchen jedoch auch andere organische Reste eingemengt vorkommen.

2. Vulkanische Thätigkeit.

Obwohl man dem Einflusse des Wassers, wie wir angedeutet haben, große und zahlreiche Veränderungen auf der Erdoberfläche zuschreiben muß, so ist man doch auf der anderen Seite nicht im Stande, aus der Thätigkeit desselben alle Bildungs-Verhältnisse des Erdkörpers, so weit wir ihn kennen, zu erklären, zumal da jene mehr zerstörender als bildender Natur ist. Es reicht diese Thätigkeit durchaus nicht hin, die Entstehung gewisser fester Massen auf der Oberfläche unserer Erde zu erklären. Es muß daher noch ein anderes Agens vorhanden sein, welches in jener Beziehung mächtig einwirkte und noch wirkt, und dieses finden wir in der Hitze, Wärme; diese allein ist im Stande, Erscheinungen hervorzurufen, zu deren Erklärung wir vergeblich die Thätigkeit des Wassers in Anspruch nehmen. Sie wirkt auf alle Substanzen gleichmäßig, indem sie dieselben mehr und mehr ausdehnt, je mehr sie selbst zunimmt, und sie aus einem festen in einen flüssigen, und aus diesem in einen dampfförmigen Zustand überführt. Da jedoch die Hitzegrade, welche erfordert werden, um die verschiedenen Stoffe in diese Zustände zu bringen, sehr verschieden sind — wir wissen ja, wie eine gewisse Substanz bei einer bestimmten Wärme schon dampfförmig geworden sein kann, während andere noch flüssig oder gar fest erscheinen — so werden auch die Einwirkungen der Stoffe auf einander, wenn sie sich in solchen verschiedenen Zuständen befinden, sehr manchfach sein müssen. Vermögen wir daher einen hohen Hitzegrad in unserer Erde nachzuweisen, so lassen sich dadurch eine Menge von geologischen Erscheinungen erklären; daß dieser aber im Innern der Erde vorhanden sei, darauf wurde schon verschiedene Male aufmerksam gemacht, und gibt sich besonders durch die Zunahme der Temperatur nach dem Innern der Erde und durch die vulkanische Thätigkeit zu erkennen. Man ist jetzt allgemein darüber einverstanden, daß letztere Aeußerungen einer gewaltigen Kraft seien, welche tief aus dem Innern unserer Erde nach Außen hin wirke, und durch alle geologischen Epochen hindurch gewirkt habe, einer Kraft, die auf die Zusammensetzung und jetzige Gestaltung unserer Erdoberfläche den größten Einfluß gehabt hat, und zum Theil noch hat. Alle Aeußerungen, welche der innere, in einer sehr hohen Temperatur befindliche Kern unserer Erde auf seine Rinde und dessen Oberfläche übt, bezeichnet man daher im Allgemeinen als vulkanische Erscheinungen. Hierher gehören also besonders die Erschütterungen des Bodens, die Hebungen und Senkungen desselben und die Eruptions-Erscheinungen. Sehen wir nun, wie sich dieselben heutiges Tages noch äußern, so werden wir Anhaltepunkte zur Vergleichung der Thätigkeit derselben in früheren Epochen erhalten.

Eine jede Erschütterung der starren Rinde unserer Erde, mag dieselbe nun auf einen kleinen Raum beschränkt, oder von bedeutender Ausdehnung gewesen

sein, wird ein **Erdbeben** genannt. Diese Erschütterungen sind, wie gesagt, Aeußerungen der vulkanischen Thätigkeit, seien sie unmittelbar mit dem Ausbruch eines Vulkans verbunden, oder nicht, an ihrem Zusammenhange kann nicht mehr gezweifelt werden. Es kommen zwar Erdbeben auch in Ländern vor, die keine Feuerberge besitzen, und haben in solchen schon häufig ihre zerstörenden Wirkungen geäußert, allein dies kann nicht befremden, wenn wir bedenken, daß die Kraft, welche die vulkanischen Erscheinungen überhaupt bedingt, in beträchtlicher Tiefe ihren Sitz haben muß. In Ländern, die viele und bedeutende Vulkane besitzen und die, wie die Kette der Anden, auch sehr häufig durch Erdbeben leiden, hat man den Zusammenhang beider öfters beobachtet, und es herrscht dort die allgemeine Ansicht, daß kein Erdbeben zu befürchten sei, so lange von den Vulkanen Rauch ausgestoßen werde. Dieser Zusammenhang war besonders auffallend bei dem furchtbaren Erdbeben von Riobamba in Quito. Seit mehreren Monaten hatte der Vulkan von Pasto mächtige Rauchwolken ausgestoßen, als dieselben plötzlich am 4. Februar 1797 in dem Augenblick verschwanden, in welchem jenes Erdbeben sich ereignete, dessen Mittelpunkt Riobamba war, welches 60 Stunden in gerader Linie von jenem Vulkane entfernt ist. Gewöhnlich gehen auch Erdbeben vulkanischen Ausbrüchen voraus, selbst wenn jene in weiter Entfernung von diesen stattfinden. So folgte auf das Erdbeben vom 26. März 1812, welches Caraccas mit allen seinen schönen Kirchen in einem Augenblicke in einen Schutthaufen verwandelte, unter welchen 10,000 Menschen begraben wurden, der große Ausbruch des Vulkans von Morne Garou am 27. April desselben Jahres, womit die Erschütterungen in Caraccas gänzlich aufhörten. Der Ausbruch des Vulkans auf Guadeloupe am 12. September 1797 machte den Erschütterungen ein Ende, welche seit dem 4. Februar die kleinen Antillen heimgesucht hatten.

Bei den Erdbeben selbst lassen sich verschiedene Arten der Bewegung unterscheiden, sie sind nemlich entweder wellenförmige, horizontale, stoßartige Oscillationen, indem sich der Boden in abwechselnden Zwischenräumen und nach gewissen Richtungen hin fortschreitend hebt und senkt, oder aufstoßende, vertikale Stöße, wodurch der Boden plötzlich gehoben wird, und endlich drehende, wobei, neben dem stoßartigen von unten, die beweglichen Gegenstände an der Oberfläche im Kreise herumgeschleudert werden. Die erstere Art der Erdbeben ist die häufigste und am wenigsten gefährlich, die letztere dagegen ist selten, und wurde besonders bei den Erdbeben von Lissabon, Caraccas und Calabrien beobachtet. Manchmal vereinigen sich auch alle drei Arten der Bewegung miteinander, was besonders bei heftigen Erdbeben vorkommt. Sehr häufig kündigt sich ein Erdbeben durch ein unterirdisches Getöse an, das oft in außerordentlich großer Entfernung gehört wird. Aeußerst zweifelhaft dagegen sind manche übrigen Erscheinungen, welche man als Vorboten von Erdbeben angesehen hat, wenigstens sind sie, wie z. B. das plötzliche Versiegen von Quellen, nur hie und da ganz vereinzelt beobachtet worden; auch ein Zusammenhang zwischen den Erdbeben und dem Zustande der Atmosphäre hat sich nirgends bestimmt herausgestellt. Die meisten Erdbeben sind aus einer größeren oder geringeren Zahl von einzelnen Stößen zusammengesetzt, welche einzelne Stöße selten mehr als wenige Sekunden dauern; dagegen wiederholen sich dieselben oft lange Zeit hindurch. So begannen bei dem Erdbeben von Calabrien die Stöße im Februar 1783 und dauerten fast vier Jahre bis zu Ende 1786. Die Anzahl der Stöße stieg im ersten Jahre auf 949, von welchen 501 Stöße vom ersten Grad der Stärke waren; im folgenden Jahre 1794 betrug die Anzahl der Stöße 151, von denen 98 sehr stark waren. Die Ausdehnung, in welcher Erdbeben gespürt werden,

ist sehr verschieden, manchmal sind sie nur auf einen kleinen Raum beschränkt, während sie in einzelnen Fällen über sehr bedeutenden Flächen sich verbreiteten. Das Erdbeben, welches am 2. Februar 1828 auf der Insel Ischia stattfand, nahm man auf keine Weise, weder auf den benachbarten Inseln noch auf dem Festlande wahr. Von außerordentlicher Ausdehnung war dagegen das Erdbeben, welches am 1. November 1755 Lissabon zerstörte; während dasselbe einerseits in Lappland gespürt wurde, pflanzte es sich andererseits bis Martinique hin fort, in einer Querrichtung spürte man es von Grönland bis nach Fez und Marokko, welche Städte ebenfalls zerstört wurden; ganz Europa empfand damals die Wirkung dieses Erdbebens in demselben Momente. Auch die Heftigkeit der Erdbeben ist sehr verschieden, während einige spurlos vorübergehen, zeichnen andere sich durch die größten Zerstörungen aus. In den meisten Fällen läßt sich auch ein Mittelpunkt nachweisen, wo die Wirkungen des Erdbebens sich am stärksten zeigten, und von welchem aus sich dieselben strahlenförmig, jedoch mit zunehmender Entfernung immer abnehmend verfolgen lassen. So bildete bei dem vorher schon erwähnten Erdbeben in Calabrien die kleine Stadt Oppido, an der Südspitze jenes Landes, den Mittelpunkt der Erschütterungen. Hier war in einem Umkreis von 5 Meilen kein Stein auf dem andern geblieben, während in größerer Entfernung doch die Fundamente der Häuser stehen geblieben waren, und über 18 Meilen hinaus meist nur leichtere Gebäude Schaden erlitten hatten. Die Ausdehnung der Erschütterungskreise ist nicht selten von der geognostischen Struktur des Bodens bedingt, denn diese, so wie das Streichen der Gebirgsketten und Hauptformationen, scheinen theils die Fortpflanzung der Bewegung zu begünstigen, theils sich derselben entgegenzustellen.

Die Wirkungen, welche die Erdbeben auf die Erdoberfläche üben, sind sehr manchfaltig. Eine der häufigsten Erscheinungen ist das Entstehen von Spalten im Boden. Merkwürdige Beispiele in dieser Beziehung lieferte das Erdbeben, welches 1783 in Calabrien statt hatte. Hier wurde der Boden in manchen Gegenden, nach allen Seiten hin aufgerissen, häufig in langen Spalten, von denen einige sogar mehrere 100 Fuß Breite hatten; dieselben waren theils vereinzelt, theils zeigten sie sich gabelförmig oder von anderen Rissen senkrecht durchschnitten; andere zeigten sich strahlenförmig von einem Mittelpunkte ausgehend. Einige Spalten, die im Momente des Stoßes offen standen, schloßen sich plötzlich wieder und zermalmten die verschlungenen Gebäude zwischen ihren Wandungen; andere dagegen blieben weit geöffnet, oder erweiterten sich noch mehr durch nachfolgende Erschütterungen. Auch beobachtete man in beiden Fällen, daß der Boden zu beiden Seiten der Spalten bald in gleicher Höhe lag, bald Aenderungen von 6 bis 10 Fuß erlitten hatte, durch Emporhebungen auf der einen Seite oder durch Senkungen auf der anderen. In dem Granit aus welchem ein Theil der Küsten von Chile bestehen, entstanden durch das Erdbeben vom 19. November 1822 parallele Spalten, von denen man einige eine halbe Meile landeinwärts verfolgen konnte. Trichterförmige, oder umgekehrt kegelförmige Höhlungen finden sich nicht selten nach Erdbeben in den Ebenen, und sind theils mit Sand, theils mit Wasser erfüllt; letzteres scheint auch meistens von ihnen ausgestoßen worden zu sein. Im Jahre 1829 wurden in einer Niederung nahe am Meere bei Alicante in Murcia durch ein Erdbeben viele kreisrunde Oeffnungen gebildet, welche schwarzen Schlamm, Salzwasser und Muscheln auswarfen. Auch aus den vorher erwähnten Spalten wurde nicht selten Wasser ausgestoßen. Bei dem Erdbeben, welches 1838 in der Walachei stattfand, wurden die Spalten mitunter durch schwärzlich gefärbten Sand und Thon, welche von unten in die Weitungen drangen, ausgefüllt; hin und wieder

sprang auch verschieden gefärbtes Wasser mit vielem Sand gemengt aus denselben hervor. In andern Fällen wurde der Sand zu Kegeln angehäuft, oder es fanden Erhebungen oder Senkungen größerer oder kleinerer Theile des Erdbodens statt. Eine der großartigsten Erscheinungen von Erhebung beträchtlicher Flächen der festen Erdrinde wurde bei dem Erdbeben in Chile am 19. November 1822 beobachtet. Die Erschütterungen erstreckten sich an der Küste entlang in einer Ausdehnung von etwa 210 englische Meilen; davon waren ungefähr 100 Meilen der Küste über ihr früheres Niveau um 3 bis 4 Fuß gehoben worden; ein Theil des ehemaligen Meeresbettes blieb bei der höchsten Fluth trocken. Zu Valparaiso betrug die Emporhebung 3 und zu Quintero 4 Fuß; auch scheint dieselbe bis zu den Anden stattgefunden zu haben. Am 20. Februar 1835 betraf dieselbe Gegend abermals ein heftiges Erdbeben, wodurch das Land ebenfalls 4 bis 5 Fuß emporgehoben wurde; während der fortdauernden Erschütterungen im April desselben Jahres scheint aber das Land wieder 2 bis 3 Fuß gesunken zu sein. In Folge desselben Erdbebens wurde die Insel Santa Maria, 7 englische Meilen lang und 2 breit, im Süden der Bucht von Conception gelegen, 10 Fuß über ihre frühere Lage erhoben, eine Erhebung, welche auch der Meeresgrund um die Insel herum erlitt. Die Beobachtungen mehrerer Naturforscher, namentlich in der Gegend von Valparaiso, Copiapo u. a. O., haben auf das bestimmteste ergeben, daß diese Theile von Chile schon in früheren Zeiten beträchtliche Hebungen erlitten haben. Ein ähnlicher Vorgang hatte während des sehr heftigen Erdbebens von Cutch auf dem Indusdelta am 16. Juni 1819 statt. Unmittelbar nach dem Stoße erhob sich etwas über fünf englische Meilen von dem Dorfe Sindren ein Wall, Ullah-Bund, Damm Gottes von den Eingeborenen genannt, an 50 Meilen lang von Osten nach Westen, an einigen Punkten 16 Meilen breit und 10 Fuß hoch, in einer Gegend, wo vorher nur eine niedrige, vollkommen gleiche Ebene gewesen war. Dagegen sank das Dorf und das Fort Sindren, am östlichen Arm des Indus, und wurde so unter Wasser gesetzt, daß nur die Dächer der Häuser und der obere Theil der Wälle aus demselben hervorragten. Nach dieser Senkung des Bodens strömte das Meer in die östliche Mündung des Indus und verwandelte in wenigen Stunden einen Landstrich von 2000 englischen Quadratmeilen in ein Binnenmeer. Selbst das Bett des östlichen Armes des Indus wurde an einer Stelle, wo früher eine Furth gewesen war, um 17 Fuß vertieft. — Auch das Meer wird durch Erdbeben häufig sehr aufgeregt, so daß zuweilen Unterwühlungen des Ufers und Einstürzungen desselben statt haben. So stieg das Meer während des Erdbebens von Lissabon, nachdem es sich vorher zurückgezogen hatte, 50 Fuß über sein gewöhnliches Niveau. Der neue Quai mit Tausenden von Menschen, die sich auf denselben geflüchtet hatten, versank in die Tiefe. Manchmal bildeten sich auch Seen, oder es trockneten Seen aus, indem sie ihre Dämme durchbrachen oder sich in unterirdische Abzugskanäle verloren. Flüsse wurden in ihrem Lauf gestört, veränderten denselben oder ergossen sich in Spalten oder einen Abgrund. Selbst Quellen erlitten nicht selten vielfache Störungen, sie versiegten oder nahmen an Stärke zu, oder blieben nur momentan aus. — Nicht minder wird zuweilen das feste Gestein zerrissen und Theile von demselben getrennt; es lösen sich mehr oder minder große Massen von den Bergen los und rollen an den Gehängen derselben hinunter, Alles zertrümmernd, was sie erreichen, wie solches bei den Erdbeben in Quito und Caraccas vorkam. Kurz, wir sehen, wie durch viele der Erscheinungen, welche die Erdbeben begleiten, besonders durch Hebungen und Senkungen, Veränderungen der Erdoberfläche hervorgerufen werden, die für die Geologie von großer Wichtigkeit sind.

Wir wollen hier noch der Niveau-Veränderungen von Ländertheilen erwähnen, die gleichsam unter unseren Augen, aber sehr allmählich und langsam vor sich gehen. Durch die genauesten Untersuchungen mehrerer Naturforscher wurde auf das Bestimmteste dargethan, daß Schweden an der Ostseite der Küste, von Calmar bis Tornea hin, langsam in die Höhe steige, und daß diese Erhebung während eines Jahrhunderts 2 bis 5 Fuß beträgt. Auch an dem gegenüberliegenden Ufer von Finnland wurde dieselbe Erscheinung beobachtet. Dagegen scheint sich die Küste von Schonen allmälig zu senken; außer Zweifel ist dieß bei einem Theil der Westküste Grönlands, welches Phänomen hier schon seit vier Jahrhunderten stattfindet. Frühere Wohnungen, sowohl auf niedern Inseln als an der Küste des Festlandes sind hier allmälig unter Wasser gesetzt worden. Auch hat Darwin, worauf schon früher aufmerksam gemacht wurde, aus dem eigenthümlichen Bau der Koralleninseln und Korallenriffe nachgewiesen, wie namentlich im stillen Ocean einzelne Inseln und Theile des Meeresbodens in steter Hebung, andere in fortwährender Senkung begriffen seien. Es gibt ferner auch Thatsachen, die dafür sprechen, daß der Boden gewisser Landstriche sich gesenkt habe und wieder gehoben worden sei. Einen sehr sprechenden Beweis hierfür liefern die Ruinen des berühmten Serapis-Tempels bei Puzzuoli in der Bucht von Bajae. Als man im Jahr 1750 die Ruine dieses Tempels ausgrub, fand man noch 3 Marmorsäulen in aufrechter Stellung, etwa 42 Fuß hoch, die die Merkmale jener Niveauveränderung an sich trugen. Diese Säulen sind nemlich bis zu einer Höhe von 12 Fuß über dem Sockel unbeschädigt, darüber befindet sich aber eine Strecke von 9 bis 12 Fuß, innerhalb welcher sie von Bohrmuscheln durchbohrt erscheinen, während die oberen Theile der Säulen nur von der Verwitterung gelitten haben. Aus dem Zustande, in welchem sich der mittlere Theil der Säulen befindet, geht aber auf das Bestimmteste hervor, daß dieselben lange Zeit aufrecht stehend im Meereswasser sich befunden haben müssen, um den Bohrmuscheln zugänglich zu werden. Die unteren Theile der Säulen waren mit Erde, Sand und Schutt umgeben, und dadurch eben so jenen Thieren unzugänglich, wie die oberen Theile, welche aus dem Wasser hervorragten. Aus allen diesen Zuständen geht aber auf das deutlichste hervor, daß die Küste hier mit dem Tempel zuerst gesunken, dann aber, nachdem sie lange Zeit in dieser Stellung geblieben, wieder gehoben worden sein müsse. Diese Senkungen und Hebungen sind offenbar Folge von Erdbeben, und namentlich scheinen jene mit dem Ausbruch der Solfatara im Jahre 1198, in deren Nähe der Serapis-Tempel liegt, in Verbindung zu stehen, während diese mit der Entstehung des Monte nuovo am 29. September 1538 zusammenfallen dürften. Nach neueren Untersuchungen ist der Boden, auf welchem der Tempel steht, wieder im Sinken begriffen, und zwar in einem Verhältniß von einem Zoll in vier Jahren. — Durch alle die angeführten Thatsachen ergibt es sich, daß sehr allmähliche Veränderungen im Niveau unserer Erdoberfläche stattfinden, ohne daß dieselben gerade als unmittelbare Folge von Erdbeben angesehen werden können, obwohl gewiß nicht daran zu zweifeln ist, daß die nemlichen Zustände des Innern unserer Erde, welche die Erdbeben bedingen, auch Ursache jener langsamen Hebungen und Senkungen sind. Auf Schlüsse hinsichtlich der Beschaffenheit dieser Zustände, werden wir geführt werden, wenn wir die vulkanische Thätigkeit weiter betrachten.

Die Erscheinungen, welche man gewöhnlich nur unter den vulkanischen zu verstehen pflegt, hängen mit den Erdbeben so innig zusammen, daß jene gleichsam als Endresultate von diesen angesehen werden können. Beide sind Aeußerungen derselben Grundursache, des heiß flüssigen Kerns unserer Erde

auf deren Rinde und Oberfläche. Diese stellen sich aber besonders deutlich bei Vulkanen dar. Wir nennen aber einen jeden Kanal, der in einer fortwährenden Verbindung mit dem Innern der Erde steht, welche Verbindung sich durch Ausbrüche und andere Eruptions-Erscheinungen zu erkennen gibt, einen Vulkan. Dieser Kanal geht jedoch fast immer durch einen kegelförmigen Berg, auf dessen Gipfel er nach Außen in einer trichterförmigen Oeffnung, dem Krater, endet. Dieser Krater, der gewöhnlich eine runde Form besitzt, und von einem Kegel gebildet wird, der größtentheils aus losen vulkanischen Massen aufgeschüttet ist und deßhalb Schlackenkegel heißt, hat eine sehr verschiedene Größe, welche weder in einem bestimmten Verhältniß zu der Höhe des Feuerberges steht, denn häufig besitzen gerade hohe Vulkane einen kleinen Krater, noch auch beständig ist, indem sie bei ein und demselben Vulkan sich gewöhnlich nach jeder bedeutenden Eruption verändert zeigt. Die vulkanischen Berge sieht man entweder als Ergebnisse kreisförmiger Bodenerhebung an, oder betrachtet sie nach und nach entstanden durch Auswürfe und Ausgüsse, jene werden Erhebungs-, diese Eruptions- oder Aufschüttungs-Krater genannt. Die Thätigkeit der Vulkane selbst besteht aus einer gewissen Reihenfolge von Erscheinungen, welche fast stets dieselben bleiben, die sich nur verschieden zeigen in ihrer Stärke und Dauer. Manchmal fehlt auch eine oder die andere jener Erscheinungen gänzlich, oder sie kommt überhaupt bei diesem oder jenem Vulkan nicht vor. Die Höhe dieser Berge scheint jedoch auf die Häufigkeit ihrer Eruptionen und auf die Stärke derselben von Einfluß zu sein, gleichsam als ob die vulkanische Kraft bedeutendere Schwierigkeiten bei großen, als bei kleineren Feuerbergen zu überwinden habe. Der Aetna z. B., 10,200 Fuß hoch, hat seltenere Ausbrüche, wie der benachbarte, nur 3640 Fuß ansteigende Vesuv. Auch gibt es Vulkane, die fast in steter Thätigkeit sich befinden. So zeigt der Guacamay in der Nähe von Quito tägliche, der Stromboli, der sich unmittelbar bis zu 2771 Fuß aus dem Meere erhebt, seit Jahrhunderten fast stündliche ununterbrochene Ausbrüche. Bei manchen Vulkanen ist die Dauer der Ruhe zwischen Ausbrüchen sehr groß, und es scheint, daß je länger diese ist, um so furchtbarer der Ausbruch werde; vielleicht daß auch in diesem Falle die vulkanische Kraft größerer Anhäufung bedarf, um den Eruptionsweg, der manchmal hunderte von Jahren verschlossen war, wieder eröffnen zu können. Der furchtbarste Ausbruch des Vesuvs war der erste, welchen man geschichtlich kennt, der im Jahr 79 nach Christi, bei welchem Herkulanum, Pompeji und Stabiä verschüttet wurden. Später zeigte derselbe zwar auch mehrere lange Perioden der Ruhe, wie z. B. zwischen 1138 und 1306 eine von 168 Jahren, während welcher Zeit man den Berg bis beinahe zu seiner Spitze wieder angebaut hatte, allein die auf jene folgenden Eruptionen erreichten doch die Stärke der ersten nicht; obwohl diese, wie schon früher bemerkt wurde, auch nicht die allererste gewesen zu sein scheint, wie aus der Beschaffenheit des Berges und der Umgebung desselben hervorgehen dürfte.

Unterirdisches Getöse mit Erdstößen, Erschütterungen des Bodens, und nicht selten selbst mit bedeutenden Erdbeben verbunden, kündigen gewöhnlich einen vulkanischen Ausbruch an. Das Getöse ist zuweilen so stark, daß es in großer Entfernung gehört wird. So wurde dasselbe bei dem furchtbaren Ausbruche des Tomboro auf Sumbawa, einer der Sunda-Inseln, der am 11. April 1815 statt hatte, auf der Insel Sumatra in einer Entfernung von 400 Seemeilen vernommen. Auf den Zusammenhang, in welchem die Erdbeben und die vulkanischen Ausbrüche selbst stehen, wurde schon bei Betrachtung der ersteren hingewiesen, und namentlich darauf aufmerksam gemacht, wie oft die Eruption

eines Vulkans den Erschütterungen des Bodens ein Ende machte. Der Ausbruch selbst beginnt, nachdem in der Regel ein heftiger Stoß, der die ganze Masse des Berges erzittern macht und die Ueberwindung des letzten Widerstandes anzuzeigen scheint, welcher der vulkanischen Kraft entgegengesetzt wurde, mit dem Ausströmen einer ungeheuern Masse von Gasen aus dem Schlunde des Kraters. Den wesentlichsten Bestandtheil dieser gasförmigen Produkte bildet stets der Wasserdampf; aber häufig sind ihm noch verschiedene andere Gase in größerer oder geringerer Quantität beigemengt, auch reißt er durch die Gewalt, mit welcher er empordringt, eine Menge von Salzen und andern Stoffen mit fort, welche am Rande der Krater und auf der Oberfläche der Lava sich absetzen oder sublimiren. Kohlensäure, Schwefelwasserstoffgas, schwefelige Säure und Chlorwasserstoffsäure sind sehr häufige Begleiter desselben. Es werden dann Schwefel, Salmiak und andere Salze mit flüchtigen, aber auch selbst mit fixen Basen, wie Steinsalz, Chloreisen, Chlorkupfer, Chlorblei 2c. sublimirt, welche letztere offenbar durch den Strom des Wasserdampfes fortgerissen wurden. Diese sauren Dämpfe greifen übrigens die vulkanischen Gesteine vielfach an, zernagen und zersetzen sie, und bedingen auf solche Weise das Entstehen mancher Mineral-Substanzen, wie z. B. das des Gypses und des Alauns. — Kehren wir nun zur Betrachtung der Ausbruchs-Phänomene zurück, so sehen wir, daß die heißflüssige Lavamasse, welche den Krater erfüllt, durch die plötzlich entwickelte Kraft der elastischen Dämpfe gewaltsam durchbrochen wird, und ihre oberen Theile mit in die Höhe gerissen werden; die Lava steigt hierbei im Krater an und zeigt sich mit freier glühender Oberfläche. Das Ausströmen des Wasserdampfes geht stets fort, und zwar scheint er in großen runden Blasen durch die Lava zu dringen, die stets wieder, indem sie sich der Oberfläche der letztern nähern, diese zum Theil in die Höhe schleudern, und dadurch die Auswürfe von vulkanischen Gesteinen, von Schlacken, vulkanischen Bomben, Sand und Asche bedingen. Die Wasserdämpfe selbst sammeln sich nach und nach zu einer Wolke von blendend weißer Farbe über dem Krater, die sich in der Richtung des Windes ausdehnt. In dieser Dampfwolke kommen stets elektrische Erscheinungen vor; in der Höhe des Luftkreises wird der Wasserdampf zu Wasser verdichtet, wobei sich Elektrizität entwickelt; es werden dann häufig Blitze und das Rollen des Donners in der vulkanischen Wolke beobachtet. Jene, die Blitze, sollen das Eigenthümliche haben, daß, wenn sie aus der Wolke fahren, meist wieder in dieselbe zurückschlagen; man hat jedoch auch das Gegentheil beobachtet; so wurden z. B. am 17. Oktober 1755 bei einem Ausbruch des Katlagia auf Island mehrere Menschen und Pferde durch den Blitz der vulkanischen Wolke erschlagen. Es entstehen dabei vulkanische, nicht selten wolkenbruchartige Regen, die oft bedeutende Ueberschwemmungen verursachen. Die durch die Kraft der Wasserdämpfe bewirkte Ausschleuderung von Gesteintheilen verschiedener Art und Größe geht unter prasselndem Geräusche, von heftigem Krachen im Berginnern begleitet, meist stoßweise, durch die Entwickelung des Dampfes in Blasen bedingt, vor sich; das Phänomen wiederholt sich in Zwischenräumen weniger Sekunden, und nimmt meist an Schnelligkeit zu. Die Größe der ausgeschleuderten Lavastücke hängt von der Beschaffenheit und dem Grad der Flüssigkeit der Lava ab; sie ist jedoch eben so verschieden, wie die Entfernung, bis zu welcher solche geworfen werden. Der Vesuv soll Blöcke von 6 Fuß Durchmesser bis zu einer Entfernung von 12,000 Fuß geschleudert haben. Die größeren Massen, die sogenannten vulkanischen Bomben, fallen zum Theil, da sie meist senkrecht in die Höhe geworfen werden, wieder in den Krater zurück, oder sie stürzen auf den Rand desselben und schütten den Auswurfskegel nach und nach immer mehr auf; die kleineren

Stücke, die Lapilli, besonders aber die sehr fein zertheilte sogenannte vulkanische Asche, werden von den aufsteigenden Dämpfen mit fortgerissen und oft über außerordentlich weite Strecken hinweggeführt. Die Menge dieser Asche, welche zuweilen bei einer Eruption ausgeworfen wird, ist manchmal außerordentlich groß. Herkulanum und Pompeji wurden bei dem ersten Ausbruche des Vesuvs 14 Fuß hoch mit Lapilli und Asche verschüttet. 1822 fiel die Asche bei einer heftigen Eruption des Vesuvs so dicht, daß man in Resina um 2 Uhr Nachmittags die Laternen anzünden mußte; die Aschen- und Lapilli-Decke lag am Kegel des Vulkans 5 Fuß hoch, bis Torre dell' Annunciata war sie allmählich bis zu 10 Zoll gemindert. Der Coseguina, an der Südseite des Meerbusens von Fonseca gelegen, war am 20. Januar 1835 im Ausbruche, wobei Asche in solcher Menge ausgeworfen wurde, daß 8 französische Meilen südlich vom Krater dieselbe den Boden 10 Fuß hoch bedeckte. Tausende von Thieren starben, viele Vögel und Vierfüßer wurden in der Asche erstickt gefunden, und die benachbarten Flüsse waren mit todten Fischen bedeckt. Die Asche fiel zu Truxillo an der Küste des mexikanischen Meerbusens nieder, ja sogar an demselben Tage zu Kingston in Jamaika, 150 deutsche Meilen von dem Vulkan entfernt. — Diese verschiedenen angeführten Lavatheile, welche von dem Feuerberge ausgeschleudert werden, bilden eine garbenförmige glühende Masse über dem Krater, welche jener vulkanischen Dampfwolke gleichsam als Stamm dient, und so das treffende Bild des jüngeren Plinius, der das Ganze mit dem ausgebreiteten Gipfel einer Pinie vergleicht, vervollständigt.

Das letzte der vulkanischen Phänomene ist der Erguß von Lava; dieses fehlt jedoch auch bei vielen Eruptionen, ja die Thätigkeit der meisten Vulkane beschränkt sich auf die bis jetzt betrachteten Erscheinungen. Die Lava, welche den Krater, wie den darunter befindlichen schlotähnlichen Kanal erfüllt, wird von den Dämpfen mehr und mehr in die Höhe gehoben, so daß bei kleineren Vulkanen ein Ueberfließen über den Kraterrand stattfindet. Bei höheren Bergen spaltet sich jedoch meist die Seite, an welcher Stelle dann nicht nur der Lavastrom hervorbricht, sondern auch in der Regel ein Aschenkegel aufgeschüttet wird. Das Fließen der Lava selbst hängt von dem Grade ihrer Erhitzung und dem ihrer Flüssigkeit, aber auch von der Neigung des Bodens ab, auf welchem sie sich bewegt. Die Oberfläche der Lava wird bald, da jene sehr schnell erhärtet, zu einer festen Kruste, unter welcher sich der noch glühende Theil der Lava, die nur sehr langsam erkaltet, fortbewegt, dabei aber häufig die Decke zerreißt und sich gleich einem Haufen Blöcken mit fortwälzt oder auch übereinander schiebt, so daß der Lavastrom einem im Eisgange befindlichen Flusse gleicht, dessen Oberfläche ganz mit Eisschollen bedeckt ist, die sich übereinander schieben und aufstauen, wo sich ihnen ein Hinderniß in den Weg stellt, bis das Wasser dieses beseitigt und sie von Neuem fortreißt. Wenn die Lava in Strömen ausbricht, zerreißt sie den Kraterrand und bildet oft bedeutende Spalten in demselben, welche sie erfüllt und aus denselben hervortritt. Erhärtet sie später auch in denselben, so gestalten sich auf solche Weise Lavagänge. Der Druck der Lava muß sehr bedeutend sein, und darin möchte auch wohl die Ursache liegen, weßwegen hohe Vulkane entweder gar keine Laven-Ergüsse, oder meistens nur Seitenausbrüche haben. So lieferten die Vulkane der Anden fast keine Lava, dagegen hatten sie häufig Aschenausbrüche. Die Hitze der Lava ist sehr verschieden, manchmal zeigt sie sich weiß-, zuweilen auch nur rothglühend. Die Masse von Lava, die zuweilen ergossen wird, ist außerordentlich. Der Lavastrom, welcher bei der Eruption des Aetna im März 1669 aus einer Seitenspalte hervorquoll, überdeckte viele Städte und Dörfer, und erreichte nach einem Laufe von 16 engl. Meilen

40 Fuß hoch und 600 Ellen breit bei Catania das Meer. Bei dem Ausbruche desselben Vulkans im Jahre 1766 umgab der Lavastrom einen 50 Fuß hohen Hügel, schmolz mit ihm zusammen und flößte ihn fort. Die bedeutendsten Lavaströme, welche man wohl kennt, ergoß der Skaptaar Jökul auf Island während seiner Thätigkeit vom 11. Juni bis zu Anfang August im Jahre 1783. In zwei Armen ergoß sich die Lava vom Berge aus in entgegengesetzter Richtung, von denen der eine Arm eine Länge von 11, der andere eine von beinahe 9 geographischen Meilen erreichte; die Breite betrug 1 bis 3½ Meilen und die Dicke gewöhnlich 100 Fuß, in Engpässen stieg sie jedoch auch zu 600 Fuß an. Der Skaptaa-Fluß wurde nebst einigen Nebenflüssen abgedämmt, wodurch furchtbare Ueberschwemmungen entstanden und viele Dörfer unter Wasser gesetzt wurden. Erst nach zwei Jahren verloren sich die vulkanischen Bewegungen, während welcher Zeit zwanzig Dörfer durch Lava zerstört worden waren. — Manche Vulkane ergießen bei ihren Eruptionen Schlamm-Massen, eine Erscheinung, die besonders auf Java und in Quito und Peru vorkommt. So hatte der Goenong Gedee auf Java 1761 eine Schlamm-Eruption. Dieser Schlamm besteht hier aus heißem Wasser, feinen erdigen Theilchen, und ist meist mit schwefeliger Säure gemengt; er wird von den Malaien Buoch genannt. Ebenso hatte auf dieser Insel der Goenong Idjeng 1817 einen Schlammausbruch, der große Verwüstungen angerichtet haben soll. Aus dem Tunguragua in Quito ergoß sich am 4. Februar 1797 ein Strom von Wasser mit stinkendem Schlamm, Moya genannt, gemengt, welcher Alles überfluthete und verwüstete; in Thälern von 1000 Fuß Breite erreichte diese Fluth eine Tiefe von 600 Fuß; der sich absetzende Schlamm staute das Wasser des Flusses Napo auf und bildete Seen. 1691 hatte der Imbaburu einen Erguß von Moya mit kleinen Fischen gemengt; eine ähnliche Erscheinung zeigte der Carguairazo bei seinem Ausbruche von 1698. Die Menge der Fische soll unermeßlich gewesen sein, welche zugleich mit dem Schlamm aus dem Krater geworfen wurden. Die Fische, Prennadillas oder Pimeloden genannt, gehören dem Geschlechte Silurus, Wels, an und sollen dort in benachbarten Seen leben. Auch der Cotopaxi hat wie die genannten Vulkane Fische ausgeworfen. — Mit diesen Schlamm-Eruptionen dürfen aber die Ströme nicht verwechselt werden, welche durch starke Regengüsse oder durch das Schmelzen des Schnees während der Ausbrüche entstehen. Erstere sind häufig Folge von Eruptionen, und wenn sich hierbei der niederfallende Regen mit der ausgeschleuderten Asche vermischt und von jenem fortgeführt wird, so entstehen dadurch ebenfalls Schlammströme, wie dieß beim Vesuv schon manchmal vorgekommen sein soll. Dasselbe findet bei manchen Eruptionen solcher Feuerberge statt, welche über die Grenze ewigen Schnees hinausragen, wobei dieser durch die vulkanische Hitze zum Schmelzen kommt. 1738 hatte der Cotopaxi einen Ausbruch, durch welchen die seit zwei Jahrhunderten angehäuften Schnee- und Eismassen plötzlich schmolzen und der so entstandene Strom sich wüthend in die tieferen Gegenden stürzte, wo er beträchtliche Verwüstungen anrichtete. Am 2. März 1755 ergoß sich ein Lavastrom vom Gipfel des Aetna, durch welchen der Schnee zum Schmelzen gebracht und eine 8 englische Meilen weite Ueberschwemmung und Ueberschüttung der Ebene mit Schlamm und Schlacken veranlaßt wurde.

Die Form der Krater wie die der Auswurfskegel ist sehr veränderlich, jede Eruption ruft mehr oder minder bedeutende Umgestaltungen, besonders bei letzteren hervor. Der Auswurfskegel wird zuweilen bei heftigen Eruptionen in die Höhe geschleudert, oder er stürzt zusammen, am häufigsten schüttet er auf. Im Jahre 1772 soll der Papandajang auf Java bei einer Eruption, welche er am 12. August hatte, zum Theil in sich selbst zusammengesunken sein. — Kleinere

Seitenkegel sind, wie schon gesagt, besonders bei hohen Vulkanen zu finden; der Aetna z. B. ist mit solchen rundum bedeckt, da er sehr selten Ausbrüche aus dem Hauptkegel, meist aus den Seiten hat. Bei der schon erwähnten Eruption des Aetna im Jahr 1669 that sich am 11. März in der Ebene von St. Lio eine 6 Fuß breite Spalte unter furchtbarem Krachen in der Richtung von Süd nach Nord auf, welche in gekrümmter Linie, 12 englische Meilen lang, bis gegen den Gipfel des Berges hinanzog. Später öffneten sich noch fünf andere parallele Spalten. Aus zweien dieser Schlünde wurden in der Nähe von Nicolosi Schlacken, Sand und Asche in solcher Menge ausgeworfen, daß sich im Verlaufe von 3 bis 4 Monaten ein doppelter Kegel, Monti Rossi genannt, von 450 Fuß Höhe bildete.

Den vulkanischen Kräften hat man überhaupt die Entstehung neuer Berge, selbst von thätigen Vulkanen, zuzuschreiben. In der Nähe von Puzzuoli entstand 1538 plötzlich ein neuer Berg, Monte nuovo genannt. Nachdem vorher zwei Jahre lang die Umgegend häufig durch Erdbeben gelitten hatte, welche kurz vor dem Ausbruche ihre größte Stärke erreichten, begann derselbe am 29. September und dauerte mit einigen Unterbrechungen mehrere Tage lang, während welcher Zeit jener Berg aus Schlacken, Bimssteinen, Asche und Schlamm zu einer Höhe von 440 Fuß aufgeschüttet wurde. Seine Basis hat etwa einen Umfang von 8000 Fuß. Auch fand eine merkliche Erhebung des Bodens statt, worauf wir schon früher aufmerksam gemacht haben. Ein ausgezeichnetes Beispiel vulkanischer Thätigkeit auf einer Strecke des Festlandes, wo sie früher oder wenigstens seit langer Zeit nicht vorhanden gewesen war, bietet die Entstehung des Jorullo in Mexiko dar. Der Raum, welchen jetzt dieser Vulkan einnimmt, in der Ebene von Malpais gelegen, war vorher mit Indigo= und Zuckerpflanzungen bedeckt und von den Bächen Cuitimba und San Pedro durchschnitten. Nach beinahe 60tägigen beständigen Erdbeben erhob sich der Boden am 29. September 1759 blasenförmig in die Höhe. Die Ausdehnung dieser Erhebung von einigen Quadratmeilen wird durch einen Absturz von 40 Fuß Höhe bezeichnet, während sie nach dem Mittelpunkt des vulkanischen Distrikts hin bis zu 520 Fuß ansteigt. Der Ausbruch, welcher nun statt hatte, war sehr heftig. Jene Bäche, die später ganz verschwanden, stürzten sich in die Oeffnungen des Vulkans und vermehrten die Heftigkeit der Eruption. Sechs aus Schlacken und Lavatrümmern bestehende vulkanische Kegel von 300 bis 1600 Fuß Höhe wurden in einer Linie auf einer Spalte gebildet, die sich von NNO. nach SSW. erstreckte. Der höchste dieser Berge, der Centralvulkan, der Jorullo, ergoß große Ströme basaltischer Lava. Tausende von kleinen Kegeln, 6 bis 10 Fuß hoch, Hornites von den Einwohnern genannt, bedeckten den emporgehobenen Boden. Die Auswürfe hörten erst im Februar 1760 auf.

Die vulkanischen Eruptionen finden nicht allein auf dem trockenen Lande statt, sie kommen auch unter dem Meere auf dem Boden desselben, und hier vielleicht häufiger vor, als man glaubt; jedoch können sie nicht immer so deutlich wahrgenommen werden, wie auf dem Lande. Die Phänomene, welche sich dabei zeigen, sind: große Wärme des Meerwassers, heftiges Aufwallen und Kochen desselben, Aufsteigen von Dämpfen aus dem Meere, Ausschleudern von glühenden Lavenmassen über den Spiegel des Meeres, auf dessen Oberfläche leichte Schlacken und Bimssteine schwimmen, endlich Emporragen von aufgeschütteten vulkanischen Massen aus dem Meere oder Entstehung fester Inseln. Jedoch lassen sich nicht immer alle diese Erscheinungen bei submarinen Eruptionen wahrnehmen. In manchen Fällen kommen kaum Dämpfe zum Vorschein, und äußert sich die vulkanische Thätigkeit nur durch die größere Wärme des Wassers. So stieg 1820 an der Ostseite der Insel Banda, zu den Molukken gehörig, eine bedeutende Basalt=

masse, aus großen zusammengehäuften Blöcken bestehend, ruhig aus dem Meere empor, ein ziemlich hohes Vorgebirge da bildend, wo vorher in der Bai eine Tiefe von mehr als 360 Fuß vorhanden war, ohne daß ein Auswurf von Schlacken oder Bimssteinen stattfand, und nur eine Erhöhung der Temperatur des Wassers bemerkt wurde. Dagegen ist in andern Fällen kein festes Gestein über dem Meere zu bemerken; dieß wurde z. B. bei Kamtschatka 1737 beobachtet, wo eine heftige Aufwallung des Wassers, Emporsteigen von Dampfwolken und herumschwimmende Bimssteine die alleinigen Anzeichen einer untermeerischen Eruption waren. Es gibt jedoch auch mehrere Beispiele, wo in Folge der letzteren Inseln entstanden; eins der schönsten der Art ist jene Insel, welche 1796 in dem aleutischen Archipel, ungefähr 30 englische Meilen nördlich von Unalaska, in der Nähe der Insel Umnack gebildet wurde. Anfangs sah man Rauch aus dem Meere emporsteigen, dann erschien eine schwarze Masse auf der Oberfläche des Wassers, die neue Insel, aus welcher Flammen aufstiegen und Steine in Menge mit großer Gewalt, selbst bis nach Umnack, geschleudert wurden. Die Ausbrüche dauerten mehrere Monate, während welcher Zeit die Insel an Größe und Höhe allmählich zunahm. Acht Jahre später, 1804, fanden Jäger den Boden an einigen Stellen noch so heiß, daß sie nicht darauf gehen konnten. Jetzt ist sie 3—4000 Fuß hoch und hat 2—3 englische Meilen im Umfange. An der Küste von Island sind schon öfters neue Inseln emporgehoben worden, von denen einige noch existiren; andere dagegen sanken entweder wieder ein oder es spülten sie die Wellen hinweg. 1783 wurde ungefähr 30 bis 40 englische Meilen sw. von dem Cap Reykianes eine Insel von einem submarinen Vulkan aufgeworfen, wobei letzterer eine solche Menge von Bimsstein ausschleuderte, daß das Meer auf eine Strecke von 150 Meilen damit bedeckt war. Die Insel, welche den Namen Nyor erhielt, verschwand jedoch binnen Jahresfrist bis auf ein Felsenriff gänzlich. Unfern St. Michael, einer der azorischen Inseln, hatte am 13. Juni 1811 ein untermeerischer Ausbruch statt, in Folge dessen bis zum 4. Juli eine Insel gebildet war, die man Sabrina nannte, eine Viertelmeile im Umfang hatte und etwa 300 Fuß hoch war. Sie verschwand jedoch bis Ende Januar 1812 gänzlich. Ein ähnliches Schicksal hatte die neue Insel, welche im Juli 1831 zwischen der Südwestküste Siciliens und dem kleinen vulkanischen Eilande Pantellaria aufgeschüttet wurde. Sie bestand aus unzusammenhängenden losen vulkanischen Auswurfsmassen, welche dem Andrang der Meereswogen nicht zu widerstehen vermochten, so daß diese Insel allmählich, nachdem sie während der kurzen Zeit ihres Daseins nicht weniger als sechs Namen erhalten hatte, gegen Ende Dezember desselben Jahres verschwand. Andere Beispiele von submarinen Ausbrüchen im mittelländischen Meere kamen zu verschiedenen Zeiten in der Mitte des Raumes zwischen den Inseln Santorin, Therasia und Aspronisi vor. Diese Inseln des griechischen Archipels selbst erscheinen als Reste eines großen, theilweise zertrümmerten Kraters, dessen Inneres vom Meere erfüllt ist, in welchem jedoch von Zeit zu Zeit Eruptionen stattfanden. Hier entstand 186 Jahre vor Chr. die Insel Hiera, jetzt Palaia-Kaimeni genannt, jedoch nur, wie es scheint, durch bloße Emporhebung fester Laven ohne Eruption; auch wurde dieselbe im Jahre 19 unserer Zeitrechnung durch eine kleine Insel, welche neben ihr auftauchte und sich mit ihr verband, vergrößert. Ebenso erhielt sie 726 und 1427 neuen Zuwachs. Mit bedeutendem Ausbruch von Dampf und Bimsstein bildete sich in demselben Kreise jener Inseln 1573 die kleine Insel Mikra-Kaimeni und endlich zwischen dieser und Hiera von 1707 bis 1709 die größere Insel Nea-Kaimeni. Daß aber hier die vulkanische Thätigkeit noch nicht beendet sei, ergibt sich aus der Beobachtung, daß sich in dem Raume zwischen Mikra-Kaimeni

und dem Hafen von Phira auf Santorin der Meeresboden allmählich erhebt. Im Anfange dieses Jahrhunderts betrug die Tiefe an jener Stelle noch 90 Fuß, 1830 nur noch 24 Fuß, und 4 Jahre später 12 Fuß; aus welcher Thatsache man wohl schließen kann, es werde hier bald eine neue Insel entstehen.

Die allmähliche Abnahme der vulkanischen Thätigkeit gibt sich durch mancherlei Erscheinungen kund; zuerst hört die Verbindung des Inneren der Erde mit dem Aeußeren insofern auf, als keine festen und flüssigen Substanzen mehr ausgeworfen und ergossen werden, indem sich der Kanal, aus welchem letztere kamen, verstopfte; dagegen finden meist noch lange Zeit Ausströmungen verschiedener Gasarten statt. Häufig geht der erloschene Vulkan erst in den Zustand einer sogenannten Solfatara über, d. h. es wird im Innern seines Kraters fortwährend Schwefel abgesetzt, in Folge der Zersetzung der Schwefelwasserstoffgase, die aus Spalten und Rissen des Bodens empordringen. Ein sehr bekanntes Beispiel der Art bietet die Solfatara von Pozzuoli unfern Neapel dar, welche schon seit den ältesten Zeiten bekannt ist. Aehnliche Solfataren finden sich auf dem Eilande Montserrat, auf Martinique, Java, Teneriffa ꝛc. Auch die Entwickelung von kohlensaurem Gas findet nicht selten statt, doch soll sie mehr bei längst erloschenen alten Vulkanen vorkommen; ja man hat sogar eine gewisse Reihenfolge in dem Auftreten der Gase bemerken wollen, indem nämlich in der Periode der größten Thätigkeit eines Vulkans die Chlorwasserstoffsäure vorherrschend sei, dann bei Abnahme jener die schwefelige Säure die Oberhand gewinne und zuletzt nur noch Kohlensäure entwickelt werde. — Eine ganz eigene Art von Eruptionsthätigkeit zeigen die sogenannten Schlamm- und Luft-Vulkane oder Salsen, die von der der eigentlichen Vulkane bedeutend abweicht, obwohl sie von ähnlichen Ursachen bedingt sein mag. Auch bei ihnen erfolgt nämlich die Eruption durch Gasarten oder Dämpfe, welche aus dem Erdinnern dringen, dabei aber statt glühender Lava nur Schlamm oder trübes Wasser mit emporreißen. Diese Auswürfe haben aus trichterförmigen Vertiefungen, kleinen Kratern, statt, die nach und nach den Schlamm zu kleinen kegelförmigen Hügeln anhäufen, welche jedoch selten eine größere Höhe erreichen, ja manchmal hören sogar die Eruptionen auf, wenn die Kegel bis zu einer gewissen Höhe aufgeschüttet sind, gleichsam als ob die Gase den Schlamm nur bis zu dieser Höhe zu treiben vermöchten; jene suchen dann einen neuen Ausweg und beginnen hier ihre Thätigkeit wieder, indem sie neue Kegel aufwerfen. Der ausgeworfene thonige Schlamm, der meist mit Erdöl, manchmal mit Chlornatrium gemengt ist, erhärtet und gibt so jenen Hügeln Festigkeit. Die ausströmenden Gasarten sind gewöhnlich Schwefelwasserstoffgas, Kohlenwasserstoffgas, kohlensaures Gas und Stickgas. Die Temperatur der ausgeschleuderten Massen ist nicht beträchtlich und dürfte in den meisten Fällen die mittlere des Bodens nicht übersteigen. Als nächste Ursache dieser Schlamm-Vulkane muß auch hier die Expansivkraft der Gase angenommen werden; diese treiben wahrscheinlich durch Quellen aufgelöste Thonmassen vor sich her und schleudern sie oft noch mit großer Gewalt in die Luft. Diese Art vulkanischer Thätigkeit hält nicht selten sehr lange an, ohne eine andere Richtung zu bekommen; so kennt man den Schlamm-Vulkan Sassuolo unfern Reggio schon seit den ältesten Zeiten nur als einen solchen. Aehnliche Erscheinungen trifft man auf Sicilien, in Murcia, Granada, in der Krim, auf Java u. s. w. — Das Ausströmen verschiedener Gasarten, auch ohne solche Phänomene, wie die eben erwähnten, findet sich sehr häufig auf unserer Erdoberfläche, und liefert einen Beweis von den chemischen Vorgängen, die ununterbrochen in dem Innern unserer Erde vorgehen.

Was nun die Verbreitung der gegenwärtig noch thätigen Vulkane betrifft, so ist diese durchaus keine gleichmäßige, aber es lassen sich im Ganzen zwei

verschiedene Arten der Gruppirung derselben auf unserer Erdoberfläche nachweisen. L. v. Buch, dem wir diese Beobachtung verdanken, unterschied zuerst Central- und Reihen-Vulkane. Bei jenen bildet ein thätiger Vulkan stets den Mittelpunkt, um welchen herum fast nach allen Seiten gleichmäßig eine Menge von Ausbrüchen stattfinden, die in nächster Beziehung zur Thätigkeit des Hauptvulkans stehen, der immer der Centralpunkt dieser Erscheinungen bleibt. Die Central-Vulkane sind meistens trachytische Dome mit einer basaltischen Umgebung, welche von ihnen durchbrochen wurde; plutonische Gesteine werden fast nie in ihrer unmittelbaren Nähe getroffen; auch wenn sie in geringer Entfernung voneinander liegen, hängen sie nicht voneinander ab. L. v. Buch hat besonders folgende Gruppen vulkanischer Thätigkeit als Central-Vulkane bezeichnet: 1. Die liparischen Inseln mit dem stets thätigen Stromboli als Mittelpunkt. 2. Der Aetna. 3. Der Vesuv mit den phlegräischen Feldern. 4. Island. 5. Die azorischen Inseln mit dem Pic von Pico als Mittelpunkt. 6. Die kanarischen Inseln mit dem Pico de Teyde auf Teneriffa. 7. Die Inseln des grünen Vorgebirges mit der Montagna di Fungo. 8. Die Galopagos-Inseln. 9. Die Sandwich-Inseln mit dem Mouna-Roa. 10. Die Marquesas-Inseln. 11. Die Gesellschafts-Inseln. 12. Die Freundschafts-Inseln. 13. Die Insel Bourbon. 14. Der Ararat. Auch dürfte der Peschan in Central-Asien hierher gehören. — Reihen-Vulkane liegen in größerer oder geringerer Zahl hintereinander, wie Essen auf einer Spalte, oft auf bedeutende Strecken hinziehend. Man hat 20, 30, auch wohl mehr vulkanische Kegel gezählt, die einer solchen Reihe angehören und deren Richtung durch ihre lineare Stellung andeuten. In einigen Fällen werden die Reihen-Vulkane langgezogene Inselgruppen bildend getroffen, deren Richtung dem Streichen eines Gebirgszuges auf dem benachbarten Festlande entspricht, dessen Fuß sie zu bezeichnen scheinen; in andern Fällen stehen die kegelförmigen Vulkane auf dem höchsten Rücken gewölbartig emporgetriebener Gebirgsketten, deren Gipfel sie bilden. Die Reihen-Vulkane erheben sich stets aus plutonischen Gebirgsarten. Folgende Gruppen derselben wurden von L. v. Buch aufgestellt: 1. Die Reihe der griechischen Inseln, welche vom Vorgebirge Methone und der Insel Pharos über Milo bis Santorin sich erstreckt. 2. Die Reihe von Vulkanen, welche sich längs der Küste von West-Australien hinziehen. 3. Die Reihe der Sunda-Inseln, welche eine große Zahl von Vulkanen enthält, die durch die Heftigkeit ihrer Ausbrüche ausgezeichnet sind. 4. Die Reihe der Molukken und Philippinen. 5. Die Reihe der japanischen und kurilischen Inseln, welche sich in die Halbinsel Kamtschatka fortsetzt. 6. Die Aleuten. 7. Die Mariannen-Inseln. 8. Die Reihe der Vulkane von Chile. 9. Die Doppelreihe der Feuerberge von Quito. 10. Die Reihe der Antillen. 11. Die von Guatimala. 12. Die Reihe der Vulkane von Mexiko, welche eine Ausnahme in der Stellung der Reihen-Vulkane zu dem Hauptgebirge bilden, indem sie die von Süd nach Nord streichenden Cordilleren beinahe genau in der Richtung von Ost nach West durchziehen. — Bemerkenswerth ist die Lage der Vulkane, indem sich die meisten derselben nicht weit vom Meere finden, viele auf größeren oder kleineren Inseln in demselben liegen. Man hat diese Thatsache benützt, um dem Meerwasser eine besondere Rolle in Beziehung auf die Thätigkeit der Vulkane zuzuschreiben; indessen finden sich auch Feuerberge in großer Entfernung vom Meere, was besonders von den Vulkanen Central-Asiens gilt, wo z. B. der Peschan 3—400 Meilen nach allen Seiten hin vom Meere entfernt liegt, und es scheint jener Umstand mehr in dem geringeren Widerstand zu beruhen, welchen die Continentalmassen in der Nähe der Meeresbecken dem Hervordringen elastischer Flüssigkeiten und geschmolzener Gesteine aus dem Innern

unserer Erde entgegenstellen, als gerade in der besonderen Wirkung des Meerwassers, obwohl dem Wasser im Allgemeinen ein großer Antheil an den vulkanischen Erscheinungen zugeschrieben werden muß, wie aus den ungeheuren Mengen von Wasserdämpfen hervorgeht, welche bei jenen entwickelt wird. Noch ist aber die Ursache der Vulkane nicht genau ermittelt, obwohl es nicht an Hypothesen fehlt, die man in dieser Hinsicht ausgesprochen hat, indem z. B. Einige ein sogenanntes Centralfeuer, Andere entzündete Eisenkies- oder brennende Steinkohlen-Lager u. s. w. jenen Erscheinungen zu Grunde legten. Wir können nur mit Bestimmtheit sagen, daß die vulkanische Thätigkeit unter der Erdoberfläche wahrscheinlich in großer Tiefe ihren Sitz hat und daß Dämpfe eine sehr bedeutende Rolle dabei spielen; aber es müssen offenbar noch besondere Verhältnisse im Innern der Erde wirksam sein, über welche sich gegenwärtig allerdings nichts Bestimmtes sagen läßt. Wenn wir nun auch in letzterer Hinsicht eingestehen müssen, daß uns noch Vieles verborgen ist, so haben wir nicht nur so eben gesehen, daß die Aeußerungspunkte vulkanischer Thätigkeit über die ganze Erde verbreitet sind, und können hieraus auf die Veränderungen schließen, welche dieselbe gegenwärtig noch hervorruft, sondern wir gelangen auch zur Ueberzeugung, daß dieselbe früher noch ausgebreiteter und selbst großartiger war, wenn wir die große Zahl der sogenannten erloschenen Vulkane betrachten, und überhaupt die beinahe genaue Uebereinstimmung älterer und neuerer vulkanischer Gesteine ins Auge fassen, denen wir demnach einen gleichen Ursprung zuschreiben müssen, ohne daß jedoch bei denselben stets ein Krater oder ein stromartiges Fließen nachgewiesen werden könnte. Aber es läßt sich außerdem darthun, daß seit den frühesten Zeiten eine Thätigkeit, der heutigen vulkanischen analog, auf die Ausbildung unserer Erdrinde eingewirkt hat, und aus welcher letztere nach und nach hervorgegangen sein dürfte. Der Unterschied von plutonischen und vulkanischen Gesteinen, auf welchen schon aufmerksam gemacht wurde, stellt sich nämlich nicht allein mineralogisch, sondern auch geognostisch heraus, denn es ist eine wichtige Thatsache, daß bei ersteren weder wahre Krater, noch wirkliche Lavaströme je beobachtet wurden, auch kamen bei ihnen keine Auswurfs-Phänomene und keine Verschlackungen vor, wogegen sie oft in sehr mächtigen und weit verbreiteten Massen auftreten. Die plutonischen Eruptionen scheinen nie auf demselben Wege, selten an derselben Stelle stattgefunden zu haben, sondern das erstarrende Gestein verschloß stets den Kanal oder die Spalte, und es mußten bei neuen Emporbrechungen neue Wege gebahnt werden. Dagegen wirkten sie mehr hebend auf die festen Gesteine, welche sie durchbrachen, wie das viele geschichtete Gebirgsarten in ihrer Nähe zeigen, was besonders darin seinen Grund haben mochte, daß ihr Flüssigkeitszustand ein weit geringerer als der der heutigen Laven war, wahrscheinlich bedingt durch die chemische Zusammensetzung ihrer Bestandtheile. Aus allem diesem geht deutlich hervor, daß die Veränderungen, welche die plutonischen Gesteine in früheren Zeiten auf unserer Erdoberfläche hervorriefen, weit beträchtlicher waren, als die der vulkanischen Thätigkeit. Auch dürfte letztere erst nach dem Absatze der Kreide begonnen haben, denn von den Produkten derselben kommt in keiner geschichteten Gebirgsart, die älter als die Kreide ist, ein Geschiebe vor, während sich von plutonischen Gesteinen solche in Menge, oft mächtige Schichten bildend, finden.

Litteratur. Fr. Hoffmann, physikalische Geographie. II Bände, Berlin 1837 und 1838. — B. Studer, Lehrbuch der physikalischen Geographie und Geologie. Bern 1847. — G. Bischof, die Wärmelehre des Innern unsers Erdkörpers. Leipzig 1837. — Desselben Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie. I. Band, Bonn 1847. — A. v. Humboldt,

Kosmos. II Bände. — F. Reich, Versuche über die mittlere Dichtigkeit der Erde ꝛc., Freiberg 1838. — v. Hoff, Geschichte der durch Ueberlieferungen nachweisbaren natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche. III Bände, Gotha 1822, 1824 und 1834. — Die neuen Veränderungen der unorganischen Welt von C. Lyell; aus dem Englischen von C. Hartmann. Weimar 1841. — Agassiz, Untersuchungen über die Gletscher. Solothurn 1841. — Ehrenberg, Natur und Bildung der Korallen-Inseln und Korallen-Bänke im rothen Meer. Berlin 1834. — Darwin, the structure and distribution of coral reefs. London 1842. — A. v. Humboldt, über den Bau und die Wirkung der Vulkane. Berlin 1824. — L. v. Buch, geognostische Beobachtungen auf Reisen. II Bände, Berlin 1802—1809. — Desselben physikalische Beschreibung der kanarischen Inseln. Berlin 1825.

Dritter Abschnitt.

G e o l o g i e.

1. Geschichtliches.

Obgleich sich Geognosie und Geologie erst in neuerer Zeit zu einer besonderen Wissenschaft ausbildeten, so reichen doch die ersten Anfänge derselben in das graue Alterthum hinauf. Es wurde an einer andern Stelle bemerkt, wie schon in den frühesten Zeiten unserer Weltgeschichte sich die Neigung der Menschen zu spekulativen Untersuchungen, namentlich der ihn umgebenden Natur, zu erkennen gegeben habe. Dieß stellt sich besonders auch bei unserer Wissenschaft heraus, indem die ersten Spuren geologischer Betrachtungen allerdings schon sehr alt sind, aber auch meistens nur in Spekulationen über die Bildung unserer Erde bestehen. Die Lösung dieses Problems war ein Gegenstand des Nachdenkens der Menschen und beschäftigte die größten Philosophen; ja wir sehen, daß die Resultate dieser Untersuchungen als Schöpfungsgeschichte gewöhnlich sehr innig mit den Religionslehren der einzelnen Völker verknüpft sind. Mehreren dieser ältesten Kosmogonien scheinen ganz verständige Naturbetrachtungen zu Grunde zu liegen, da wir fast in jeder derselben irgend ein Moment finden, welches uns zu diesem Schluß berechtigt. So nehmen die Indier ein Urmeer als die Wiege der organischen Schöpfung an und legen der Erde ein sehr hohes Alter bei. Die Chinesen haben in ihrer Erdschöpfungsgeschichte eine Folge von Perioden, die ganz beachtungswerth ist: zuerst gingen nach dieser die Berge hervor, dann bildete sich das Wasser, in welchem das Leben begann und gedieh; das Feuer galt als Ursache der Erhebung der Erde und des Entstehens der Pflanzen; nun erschienen Landthiere, denen zuletzt der Mensch folgte. Nach der Kosmogonie der Perser stiegen zuerst die Berge tief aus der Erde in die Höhe. Die mosaische Schöpfungsgeschichte steht mit der der Aegyptier in nächster Beziehung. Bei den Priestern dieses Landes, welche in den jährlichen Anschwemmungen des Nils, in der Vergrößerung seines Deltas Thatsachen vor sich hatten, die ihnen die Ausbildung der Erde durch das Wasser zeigten, mußten solche Erscheinungen den größten Einfluß auf ihre Ansichten hinsichtlich der Entstehung

der Erde üben, und sich dieselben jetzt schon gleichsam neptunisch gestalten. Was war aber natürlicher, als daß Moses, der seine Ausbildung in Aegypten erhielt, zugleich die Ansichten der Gelehrten dieses Landes mit in seine Schöpfungsgeschichte aufnahm? Eine entgegengesetzte Theorie bildete sich schon frühe bei den Griechen aus, indem diese, die vulkanischen Inseln ihres Archipels, die Erdbeben und heißen Quellen, ja die Thätigkeit des Aetna kennend, das Feuer als das Agens ansahen, welchem die Entstehung der Erde zugeschrieben werden müsse. Und so sehen wir denn schon in den frühesten Zeiten Ansichten auftauchen, welche den beiden Schulen, die sich in der neueren Zeit gebildet haben, die der Neptunisten und der Vulkanisten, in ihren Grundansichten beinahe entsprechen. Jedoch herrschten in Griechenland verschiedene Theorien in jener Beziehung, da die größten Philosophen dieses Landes darnach trachteten, den Ursprung und die Elemente des Universums zu erforschen. Nach Thales von Milet, der sich in Aegypten ausgebildet hatte, war das Wasser, nach Anaximenes die Luft, und nach Zenon und Heraklitos das Feuer die Quelle, aus welcher alle Dinge des Weltalls hervorgegangen sein sollten. Aristoteles dagegen betrachtete die Erde gewissermaßen als ein organisches Wesen, dessen inneres Leben sich durch die mechanischen Veränderungen auf deren Oberfläche kundgebe. Der Ansicht von Thales war besonders Xenophanes von Kolophon zugethan, der hauptsächlich aus Versteinerungen von Seethieren auf eine frühere Bedeckung mit Meerwasser schloß. Uebrigens bemerkt auch Herodot, daß Meermuscheln in den Bergen Aegyptens gefunden wurden. Der Ansicht von Zenon, oder wenn man will der vulkanischen, folgte besonders noch Empedokles; jedoch entwickelte dieselbe keiner vollständiger und besser, wie später Strabo zu Augustus' Zeiten. Derselbe stützte sich dabei auf Erfahrungen, und war überhaupt derjenige der alten Schriftsteller, welcher am meisten positive Kenntnisse über die Beschaffenheit der Erdoberfläche besaß. Plinius kann auch in diesem Zweige der Naturwissenschaften nur als Compilator betrachtet werden.

Aus dem, was bis jetzt angedeutet wurde, sehen wir, daß es an geologischen Theorien nicht gefehlt hat, wohl aber an klaren und deutlichen Beobachtungen. Die Phantasie spielte gerade in jenen Ansichten stets eine bedeutende Rolle, wie dieß die Mythologie und die früheren Dichtungen aller Völker beweisen, und in der Vorliebe der Menschen zum Wunderbaren begründet sein mag. Wir finden daher auch nur allgemeine Ideen über die Entstehung und gewisse Veränderungen der Erde bei den Alten aufgestellt, die, wie wir gesehen haben, wohl auf irgend einer oder der andern Anschauung beruhen mochten, dabei aber auch zeigten, daß ihnen die Kenntniß in der Geognosie, der Basis der Geologie, durchaus fehle, weßwegen denn auch ihr Wissen in dieser Beziehung stets mangelhaft blieb. Auch hat man gewiß manchen Aussprüchen alter Philosophen ein zu großes Gewicht beigelegt, man riß dieselben aus dem Zusammenhang, in welchem sie gegeben waren, und schob ihnen dann Ideen unter, die mit denen, welche man heutiges Tages über jene Gegenstände aufstellte, übereinstimmten, unbekümmert ob dieß wirklich so sei oder nicht. Wir können daher auch nur erwarten, die ersten Spuren unserer Wissenschaft in dem klassischen Zeitalter zu finden, die denn ebenfalls in der hierauf folgenden langen Periode, welche durch den gänzlichen Verfall der Wissenschaften charakterisirt wird, verloren gingen und erst wieder mit dem Ende des fünfzehnten und dem Anfange des achtzehnten Jahrhunderts auftauchten. Die ersten geologischen Forschungen treffen wir in Italien; es waren die früheren Meeresbewohner, die man in den Schichten des Festlandes fand, welche hier die Aufmerksamkeit erregten und zu vielfachen Untersuchungen Veranlassung gaben. Die Natur-

wissenschaften damaliger Zeit standen jedoch unter dem drückenden Einfluß religiösen Zwanges, der besonders auf der Geologie stark lastete; nicht selten riefen Ansichten, welche mit den Worten der Bibel im Widerspruche waren, die schnödesten Verfolgungen hervor, und bemühten sich daher die meisten Forscher, ihre Uebereinstimmung mit der heiligen Schrift nachzuweisen, wodurch denn auch häufig die verkehrtesten Dinge zu Tage gefördert wurden, ja solchen Bestrebungen zufolge manchmal sogar noch zu Tage gefördert werden, denn jener Einfluß hat bis jetzt noch nie ganz aufgehört, und gibt sich besonders noch in England stark zu erkennen. — Als man in Italien nun die Versteinerungen mit Aufmerksamkeit zu untersuchen begann, riefen sie sogleich einen lebhaften Streit hervor, indem sie von Einigen als Ueberreste der Sündfluth, von Anderen sogar als Naturspiele, hervorgebracht durch eine gewisse plastische Kraft der Erde, betrachtet wurden; Ansichten, denen sich besonders Leonardo da Vinci, der berühmte Maler, † 1519, und Hieronymus Fracastro, geboren zu Verona 1483, † 1553, mit siegreichen Gründen entgegenstellten. Während hier diese Seite der Wissenschaft mit besonderem Interesse verfolgt wurde, bahnte Georg Agrikola, 1494—1555, dessen wir schon früher erwähnten, in Deutschland das Studium der Geognosie, hauptsächlich in Bezug auf den Bergbau an. Er war besonders darauf bedacht, die Kenntniß der Gesteine zu befördern, welche dem Bergmann so sehr nothwendig ist. Seine gediegenen Schriften über Mineralogie und Bergbau eröffneten in seinem Vaterlande zuerst die Basen mineralogischer und geognostischer Forschungen. Fast zu gleicher Zeit wirkte in Frankreich Bernard Palissy, geb. 1515 zu Agen in Aquitanien, † 1589, durch naturhistorische Untersuchungen. Auch lehrte er mit großem Eifer und Erfolg Naturgeschichte in Paris, und war der Erste, der hier ein geordnetes Kabinet für diese Wissenschaft anlegte. Seine Schriften [1]) enthalten viel Merkwürdiges für Geographie und Geognosie.

So wie Agrikola sich auf dem Boden der Erfahrungen bewegte, und nicht in weitläufige Theorien und Spekulationen einließ, eben so folgte volle hundert Jahre später, während welcher Zeit fast keine Fortschritte in unserer Wissenschaft gemacht wurden, dieser praktischen Richtung Nikolaus Steno. Dieser, geb. 1638 zu Kopenhagen, † 25. November 1687, lebte lange Zeit in Italien, wo er sich viel mit geologischen Untersuchungen beschäftigte, deren Resultate er in einem besondern Werke [2]) niederlegte. Die Ansichten, welche er in denselben entwickelte, sind sehr merkwürdig und können in mancher Beziehung als die Vorläufer gewisser geologischer Ideen, die heutiges Tages gelten, angesehen werden. Ja, er faßte eine Menge von Thatsachen klar auf, die erst wieder in neuester Zeit Geltung erhielten. Nach ihm bestand die Erde aus parallel übereinander gelagerten Schichten, welche zum Theil Versteinerungen enthielten und daher aus Wasser abgesetzt worden sein mußten. Er unterschied Inkrustirungen und Niederschläge, krystallinische und mechanische Bildungen, und sprach sich auf das Bestimmteste dafür aus, daß letztere in der Regel horizontal abgelagert worden wären, und hielt daher die geneigten Schichten für aufgerichtet durch vulkanische Kräfte. Bis auf Werner haben wir keinen Naturforscher wieder, welcher die Geologie von einem so fruchtbringenden Standpunkte aus aufgefaßt und sie besonders auf Beobachtungen gestützt hat, und doch störte auch

[1]) Oeuvres de *Bernard Palissy*, revues sur les exemplaires de la bibliothèque du Roi, avec des notes par MM. Faujas de St. Fond et Gobet. Paris 1777.

[2]) De Solido intra solidum naturaliter contento. Florenz 1669.

ihn die Nothwendigkeit, nichts der Bibel Widersprechendes vorzutragen, sehr in der Entwickelung seiner Ansichten. Hätten ihm nicht diese religiösen Hindernisse in dem Wege gestanden bei seinen Forschungen, so würden dieselben wohl noch größere Resultate geliefert haben. Aber eben dieser Umstand ist wohl auch mit daran Schuld, daß der praktische Weg der Beobachtung, welchen Agrikola und Steno eingeschlagen und angebahnt hatten, dennoch von deren Nachfolgern fast ganz wieder verlassen wurde, indem sich dieselben mehr mit unfruchtbaren Hypothesen über die Entstehung der Erde und mit den wunderbarsten Versuchen, ihre Ansichten in dieser Beziehung mit den in der Genesis enthaltenen in Uebereinstimmung zu bringen, beschäftigten. Ja man ging selbst manchmal so weit, das Beobachtete früher geschaffenen Hypothesen anzupassen oder gar einzuzwängen. Der eigentliche Forschungsgeist verschwand daher auch fast gänzlich, und wir sehen daher, da über ein volles Jahrhundert beinahe nichts Bedeutendes in unserer Wissenschaft geleistet wurde, dieselbe eher zurück- als vorwärtsgehen.

Auch jetzt waren es wieder die Versteinerungen, welche während des angedeuteten Zeitraumes mehrere Naturforscher beschäftigten. Fabius Colonna wies schon 1626 den Unterschied zwischen den fossilen Meeres-, Süßwasser- und Landkonchylien nach.[1]) Martin Lister, geb. zu Radcliffe 1638, † 1711, einer der ausgezeichnetsten Konchyliologen, machte zuerst darauf aufmerksam,[2]) daß die in den englischen Steinbrüchen so häufig vorkommenden Konchylien größtentheils ganz andere Formen hätten, als die lebenden, daß ferner in den verschiedenen Schichten der Gesteine verschiedene Muschelarten, in denselben Schichten aber die nämlichen Thierreste gefunden würden; Sätze, die für die Bestimmung der Altersfolge geschichteter Gebirgsarten in der neueren Zeit so wichtig wurden. Lister ließ sich jedoch verleiten, der alten Ansicht zu folgen und die Petrefakten für Naturspiele zu halten. Dagegen war er wieder der Erste, welcher 1684 den Vorschlag machte, geognostische Karten zu fertigen, ein Vorschlag, der jedoch lange Zeit keine Beachtung fand, bis er 1743 von Packe für die Grafschaft Kent in England ausgeführt wurde, jedoch nicht durch Farben, sondern nur mangelhaft durch Zeichen. Eine Karte für ganz England brachte erst W. Smith 1816 zu Stande. Zu gleicher Zeit mit Lister wirkte Robert Hooke in England für die Wissenschaft; er suchte vor Allem die wunderlichen Ansichten von Jenem über das Wesen der Versteinerungen zu widerlegen und erklärte letztere zuerst für Reste ausgestorbener Thiere. Zugleich schloß er aus ihnen, daß sie einem wärmeren Meere angehört, England also früher unter der heißen Zone gelegen haben müsse, und schrieb diese klimatische Veränderung einer Verrückung der Erdachse zu. Auch war er der Ansicht, daß die Vulkane alle Gebirge und Inseln, ja alles feste Land gehoben hätten, wodurch die geschichteten Gesteine mit den Petrefakten aus dem tiefen Meeresgrund in ihre jetzige, zum Theil sehr hohe Lage versetzt worden seien.

Außer den beiden eben genannten Naturforschern, deren Arbeiten die Wissenschaft förderten, folgten die Zeitgenossen derselben und später auftretende Schriftsteller bis beinahe in das letzte Viertel des vorigen Jahrhunderts der oben angedeuteten Richtung, indem die meisten derselben, selbst manche gute Beobachter unter ihnen, ihre Systeme auf einen unsichern Grund, auf die hypothetische Erdbildung bauten. Sie begannen mit dem, was sich in den unerforschten Tiefen unsers Planeten zugetragen haben sollte, wobei sie sich gewöhnlich mehr oder minder streng an die mosaische Schöpfungsgeschichte hielten, und zwar

---

[1]) Osservat. sugli animali aquat. e terest. 1626.
[2]) Philosophical Transactions. 1671, Nr. 76, p. 2281.

nicht selten in der Weise, daß sie, um die bekannten Thatsachen mit den einmal vorgefaßten Ideen in Einklang zu bringen, an der Richtigkeit derselben zweifelten, oder dieselben nach ihrer Ansicht deuteten, oder endlich zu den wunderlichsten Hypothesen ihre Zuflucht nahmen. Von den spekulativen Schriftstellern dieser Zeit sollen hier einige kurz angeführt werden. Thomas Burnet, geb. 1632 zu Croft in der Grafschaft York, † 1715 zu London, gab in seiner Schrift [1]) eine Geogonie, in welcher sich derselbe bemühte, den Ursprung der Erde und eine Uebersicht der Veränderungen, welche dieselbe erfahren hat, darzulegen, die nur ein Werk der Phantasie ist. Eine ähnliche unhaltbare Theorie lieferte John Woodward, [2]) geb. 1665, † 1722. Derselbe erwarb sich jedoch große Verdienste dadurch, daß er ein bedeutendes geologisches Museum errichtete, welches er der Universität Cambridge vermachte und zugleich einen besondern Lehrstuhl der Geologie an dieser Anstalt stiftete. Früher schon als Burnet hatte Descartes, geb. 1596 in Touraine, † 1650 in Stockholm, eine Theorie der Entstehung der Erde aufgestellt, [3]) welcher er mechanische Prinzipien zu Grunde legte. Anfangs war nach ihm die Erde ein Stern, um welchen sich durch Erkalten eine feste Rinde bildete, die das Centralfeuer umschloß; hie und da wurde diese Rinde durch die innere Gluth gesprengt, so trat Sonderung der Substanzen ein. Durch Emporhebung bildete sich nach und nach über dem Wasser eine Masse, aus deren stellenweisem Einsturz die heutigen Berge und Thäler entstanden. Aehnliche Ansichten lagen der Theorie zu Grunde, welche Leibnitz, 1646 zu Leipzig geboren, aufstellte. [4]) Auch ihm war die Erde ursprünglich eine Sonne gewesen, und ihr Erkalten der erste Schöpfungsakt. Aus den Schlacken, die an der Oberfläche sich sammelten, bildete sich die feste Rinde der Erde; Berge und Vertiefungen entstanden gleich im Anfange. Während dieses Zustandes des Glühens befand sich das Wasser mit allen seinen salinischen Beimengungen in Dunstform in der Atmosphäre, schlug sich aber bei zunehmender Erkaltung nieder und bildete das Meer, in welchem die früheste Entwickelung des Thier- und Pflanzenlebens eintrat. Ein Theil des Wassers zog sich aber in Höhlungen des Innern der verschlackten Erdrinde zurück, wodurch das erste trockene Land entstand, welches mit Meeresgewächsen und Schalthieren bedeckt war. In Folge gewaltsamer Katastrophen stürzten die am meisten erhabenen Theile der Erde wieder zusammen, worauf ein neues Ansteigen des Wassers eintrat, die Ueberschwemmung, welche heilige Urkunden die Sündfluth nennen. Seine gegenwärtige Gestalt erhielt das Festland, als die Fluthen von den inneren Tiefen wieder aufgenommen worden waren. — William Whiston, geb. 1666, † 1753, ließ sich bei seiner geologischen Hypothese von der genetischen Schöpfungsgeschichte leiten, suchte sie aber durch ausführliche Berechnungen zu begründen. [5]) Ihm war die Erde früher ein Komet gewesen, dessen chaotische Massen sich allmählich nach dem Gesetze der Schwere übereinander ablagerten und Schichten bildeten. Ein großer Komet, dessen Schweif die Erde berührte, rief die Sündfluth hervor. Tag und Stunde dieses Ereignisses wurde von Whiston berechnet. — Lazaro Maro legte seiner Theorie rein vulkanische Ansichten zu Grunde, [6]) daher man ihn oft als einen vorzüglichen Reprä-

[1]) Telluris theoria sacra. Londini 1681.
[2]) An essay towards the natural history of the earth. London 1695.
[3]) Principes de la philosophie. 1685.
[4]) Protogaea, sive de prima facie telluris et antiquissimae historiae vestigiis in ipsis naturae monumentis, herausgegeben durch Scheidt. 1740.
[5]) A new theory of the earth. London 1708.
[6]) De Crostacei e degli alteri corpi marini che si trovano su monti. Venezia 1740.

sentanten des Vulkanismus angeführt hat, obwohl seine Ansichten nicht weiter reichten, als die von Steno dargelegten. Keine Theorie erregte jedoch bei den Zeitgenossen eine solche Theilnahme, als die von Buffon, geb. 1707, † 1788, welche derselbe 1743 bekannt machte.[1]) Er ging von der Idee aus, daß unsere Erde eine geschmolzene Masse gewesen sei, die von der Sonne durch den Stoß eines Kometen losgerissen worden wäre. Ihre Gestalt erhielt sie durch Umdrehung um ihre Achse während des Zustandes der Weichheit. Schon bei der ersten Abkühlung bildeten sich auf der schlackigen Oberfläche Erhabenheiten und Vertiefungen, Berge und Thäler. Das dampfförmig in der Atmosphäre aufgelöste Wasser schlug sich nach und nach nieder, bedeckte die Oberfläche der Erde, zerstörte und löste Theile derselben auf, und setzte dieselben wieder schichtenförmig ab. Während dem waren auch Organismen entstanden, deren Ueberreste in jenen Schichten begraben gefunden werden. Durch fortwährende Erkaltung entstanden Spalten und Höhlungen, in welche das Wasser drang und hier durch die innere Hitze zu Dampf verwandelt ungeheure Explosionen, vulkanische Erscheinungen, veranlaßten, die gewaltige Zerstörungen, Aufrichtung und Verwerfung von Schichten, Entstehung heißer Quellen 2c. hervorriefen. Alle diese Vorgänge, von der Entstehung unserer Erde an bis zur Entwickelung des gegenwärtigen Zustandes derselben theilte er in sechs Natur-Epochen, Perioden der Ruhe, die durch Revolutionen von einander getrennt waren.

Noch viele andere Hypothesen und Werke verschiedener Männer über den berührten Gegenstand könnten angeführt werden, allein es würde im Allgemeinen nur eine Wiederholung dessen sein, was schon angedeutet wurde, und was ohnedem für die Wissenschaft von keinem großen Nutzen war. Jedoch begannen die Naturforscher in der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts, als sie sahen, daß durch das Aufstellen unfruchtbarer Theorieen und phantasiereicher Hypothesen die Wissenschaft nicht gefördert werden könne, diesen unfruchtbaren Boden theoretischer Spekulationen zu verlassen, und den eigentlich richtigen Weg, den der Beobachtung, wieder einzuschlagen. Dieser war seit Agrikola in Deutschland nie ganz verlassen worden, indem hier der rege Bergbau der praktischen Geognosie, als der Grundlage von jenem, stets Bearbeiter zuwandte, von denen mehrere Wichtiges leisteten. J. G. Lehmann, der besonders das Kupferschiefer-Gebirge in der Umgebung des Harzes untersucht und seine Resultate in einem besondern Werke niedergelegt hat,[2]) trennte schon mit großer Schärfe die älteren von den jüngeren Flözgebirgen und machte auf das Konstante der Schichtenfolge aufmerksam. Noch wichtiger waren die Arbeiten seines Zeitgenossen G. C. Füchsel, geb. 1722 zu Ilmenau.[3]) Dieser beschäftigte sich besonders mit der Untersuchung Thüringens, von welchem Lande er auch eine geognostische Karte fertigte und mit vielen Durchschnitten begleitete; eine Karte, die als die erste in Deutschland, vielleicht als die erste geognostische Karte überhaupt angesehen werden kann, da sie zuerst die Grenzen der Gesteine auf die Weise angab, wie es heutiges Tages noch geschieht. Aber auch seine allgemeinen geologischen Ansichten sind von großem Interesse; er erklärte alle Schichten für ursprünglich horizontale Ablagerungen, die erst später durch Hebungen oder Senkungen aus dieser Lage gebracht worden seien, wenn sie geneigte Stellung zeigten; er stellte ferner zuerst

---

[1]) Histoire naturelle conten. les époques de la nature. Supplém. Tom. IX et X. Paris 1778.

[2]) Versuch einer Geschichte des Flözgebirges. Berlin 1756.

[3]) Historia terrae et maris, ex historia Thuringiae per montium descriptionem erecta. Act. Acad. elect. Moguntinae. Erf. 1762, Vol. II, pag. 44—209. — Entwurf zur ältesten Erd- und Menschengeschichte. 1773.

den Begriff „Formation" auf, indem er darunter gewisse Gruppen von zusammengehörigen Schichten verstand. Auch auf den Unterschied zwischen Süßwasser- und Meeresformationen hat er hingewiesen. Einer der hervorragendsten Gelehrten jener Zeit war P. S. Pallas, der die Beobachtungen, welche er auf seinen großen Reisen von den Alpen bis zum Ural in Sibirien, Südrußland, dem Altai und Kaukasus gemacht hatte, in einem besondern Werke [1]) in ein systematisches Ganzes brachte. Nach ihm bestand der Kern der Bergketten aus Granit, an welchen sich unmittelbar die Schiefergesteine, welche aus der Zerstörung von jenem hervorgegangen waren, anlegten und seine erste Ordnung der geschichteten Gesteine ausmachten. Die zweite, welche aus Kalken bestand, sah er für Niederschläge des Meeres an, und die dritte bildeten die Erzeugnisse der Meeresbewohner, wie Korallenriffe, Muschelbänke rc. In den Schiefergesteinen hatte sich eine große Menge von Schwefelmetallen angehäuft, durch deren Entzündung die vulkanischen Erscheinungen bedingt worden sein sollten. Der letzte und furchtbarste Ausbruch der Art erzeugte eine ungeheure Bewegung im Meere, wodurch eine gewaltige, von Süden nach Norden strömende Fluth, der Sündfluth entsprechend, hervorgerufen wurde, welche die Kontinente überschwemmte und die Leichen deren Bewohner in die Ebenen Sibiriens führte. Auf diese Weise suchte Pallas das Vorkommen der Ueberreste von Elephanten und Nashörnern, welche in großer Menge in jenem Lande gefunden werden, zu erklären. Gleichzeitig mit Letzterem entwickelte J. A. de Luc seine Ansichten; [2]) dieselben sind vorwaltend neptunisch und schließen sich innig an die mosaische Schöpfungsgeschichte an. — Ausgezeichnete Lokalbeobachtungen verdankt die Wissenschaft v. Charpentier und J. Lasius. Jener lieferte eine mineralogische Beschreibung der chursächsischen Lande, [3]) mit einer geognostischen Karte, auf welcher die Gebirgsarten zum ersten Male mit Farben bezeichnet sind, dieser eine vortreffliche Beschreibung [4]) der geognostischen Verhältnisse des Harzes, zugleich von einer sehr guten geognostischen Karte begleitet. — Unter den englischen Gebirgsforschern, welche zuerst in dieser Periode einer praktischeren Richtung folgten, müssen besonders Michell und Whitehurst genannt werden. Ersterer beschreibt [5]) das allgemeine Aussehen der Schichten, weist auf ihre Streichungslinie hin, berücksichtigt besonders das Fallen derselben, sowie die Biegungen und Störungen, welche sie in Gebirgen erlitten haben, ihre mehr wagerechte Lage in flachen Gegenden rc. Whitehurst erläuterte [6]) die geognostische Struktur einiger Gegenden Englands sehr gut, und wies nach, daß die Schichten genau auf dieselbe Weise sich in gewissen Landstrichen folgten rc. Auch sammelte er zuerst Bruchstücke von jeder Schicht, die in England vorkommt, und stellte sie in geordneter Reihenfolge im brittischen Museum auf. — In Frankreich widmete sich Faujas de St. Fond hauptsächlich dem Studium der vulkanischen Gebilde, besonders der erloschenen Vulkane in Frankreich und Deutschland; [7]) dehnte dieselben jedoch auch auf die Trappgebilde von Schottland, Irland und den Hebriden aus. Wichtiger waren indessen J. Deodat Dolomieu's Beobachtungen, namentlich hinsichtlich der vulkanischen Erscheinungen und Gesteine.

[1]) Observations sur la formation des montagnes. Petersbourg 1777.
[2]) Lettres physiques et morales sur les montagnes etc. 1778. — Lettres sur l'histoire physique de la terre. Paris 1799.
[3]) Mineralogische Geographie der chursächsischen Lande. 1778.
[4]) Beobachtungeu über die Harzgebirge. 2 Theile. 1789.
[5]) On the cause and phenomena of earth-quakes. Philos. Transact. 1760.
[6]) Inquiry into the Original state and formation of the earth. 2e édit. 1786.
[7]) Recherches sur les Volcans éteints du Vivarais et du Velay. Grenoble 1778.

die vulkanischen Gebiete Italiens, Siciliens und der benachbarten Inseln wurden von ihm genau untersucht, ebenso die erloschenen Vulkane der Auvergne. Er wies nach, daß die Vulkane von Central-Frankreich aus Granit hervorbrechen, daß also ihre Ursache unter diesem liegen müsse; wie er denn überhaupt erkannte, daß die vulkanischen Erscheinungen weder von Erdbränden noch von Schwefelkiesen herrühren könnten. — Gegen Ende dieser Periode trat in der Schweiz H. B. de Saussure auf, einer der ausgezeichnetsten Naturforscher, dessen Beobachtungen von größtem Einfluß auf die Wissenschaft waren. Derselbe hatte sich besonders die Erforschung der vaterländischen Gebirge, der Alpen, zum Ziele gesetzt, die damals noch fast ganz unbekannt waren. Die Resultate seiner langjährigen Reisen und Beobachtungen legte er in einem klassischen Werke [1]) nieder. Besonders ausgezeichnet sind die physikalischen Verhältnisse des Alpenlandes in demselben behandelt; eben so vortrefflich sind seine Beobachtungen über die Gletscher, deren Verhältnisse er mit vielem Scharfsinn untersucht und eine eigene Theorie ihrer Bewegung aufgestellt hat. Er lieferte eine genaue Beschreibung der Lagerung und mineralogischen Beschaffenheit der Gesteine in den Alpen; er wies nach, daß die Ketten der geschichteten Gebilde, welche die Hauptkette der Alpen umgeben, parallel mit dieser laufen, indem sie zugleich ihre steilen Abhänge nach derselben hinkehren, machte mit den senkrecht stehenden Conglomeratschichten bei Valorsine bekannt und wies viele außerordentliche Schichtenstörungen nach. Lauter Thatsachen, die er zwar nicht zu allgemeinen Folgerungen benutzte, die jedoch als werthvolle Vorbereitungen zu den Arbeiten anderer Geologen angesehen werden müssen.

Eine neue Epoche der Wissenschaft begann mit dem Auftreten A. G. Werner's. Wir sahen schon früher, wie derselbe die Mineralogie durch seine große Kenntniß der unorganischen Körper förderte, und wie wir ihm dort den größten Einfluß auf die Fortschritte dieser Wissenschaft zuschreiben müssen, so auch hier. Werner leistete als Beobachter Ausgezeichnetes, während er als Theoretiker hinter manchem seiner Zeitgenossen, ja hinter den Ansichten einiger früherer Geologen zurückblieb. Er beschäftigte sich zuerst mit genauer Feststellung der Kennzeichen der Gebirgsarten, trennte letztere, namentlich die gemengten, von den einfachen Mineralien, mit welchen dieselben bis jetzt immer noch in den mineralogischen Systemen zusammen eingereiht worden waren, und führte bestimmte Benennungen für dieselben ein, die zum großen Theil heute noch ihre Geltung haben. Seit 1780 hielt er besondere Vorträge an der Bergakademie zu Freiberg über die Lehre von den Felsgesteinen, welche er später mit dem Namen „Geognosie" belegte. Nachdem Werner mit derselben Schärfe der Beobachtung, die er schon bei Aufstellung der äußeren Kennzeichen der Mineralien gezeigt, seine eigentlichen geognostischen Untersuchungen verfolgt, und mit derselben Klarheit in den Begriffsbestimmungen die räumlichen Verhältnisse der Schichten, ihr Streichen und Fallen und die Lagerungsverhältnisse der Gebirgsarten festgestellt und bestimmte Benennungen eingeführt hatte, schritt er zur Aufstellung eines allgemeinen geognostischen Systems, des ersten, was bis jetzt existirte. Hierbei ging er von dem Hauptgrundsatze aus, daß überall auf der ganzen Erde dieselbe gesetzmäßige Aufeinanderfolge der Gesteinschichten stattfinde; ein Satz, der zwar in der Folge in dieser Allgemeinheit nicht bestätigt wurde, obwohl er der Wahrheit sehr nahe kommt, der jedoch zu den gründlichsten Forschungen anregte und Werner's Schüler veranlaßte, wie d'Aubuisson de

[1]) Voyages dans les Alpes. IV Vol. 1779—1796.

Voisin sagte, „die Natur von einem Pole zum andern im Namen eines einzigen Mannes zu befragen." Dieser Ausspruch war zugleich das Resultat klar aufgefaßter Beobachtungen der geschichteten Gesteine in Sachsen, dessen Formationsreihen er jedoch als Typus zur Aufstellung eines Systems der Bildung der Erdrinde im Allgemeinen annahm. Seiner Theorie nach war die Masse unsers Erdkörpers einst flüssig, oder wenigstens der feste Kern desselben von einer Auflösung umgeben, in welcher alle erdigen Substanzen chemisch verbunden enthalten waren. Aus dieser Auflösung wurden alle Gebirgsarten niedergeschlagen, und zwar schichtenweise in einer bestimmten Reihenfolge in mehreren aufeinander folgenden Perioden. Zuerst begannen sich krystallinische Aggregate in großer Manchfaltigkeit abzusetzen, vor Allem bildete eine mächtige Granitmasse die Grundlage der andern Gesteine, vielleicht sogar den Kern der Erde; zu diesem Urgebirge gehörten, außer dem Granit, Syenit, Gneiß, Glimmerschiefer u. s. w. Die Gesteine der zweiten Periode, des Uebergangs-Gebirges, bestehen theils noch aus krystallinischen Aggregaten, theils aus mechanischen Ablagerungen, zu welchen letzteren die Thonschiefer, Grauwacken und Kalke bis zur Kohlenformation gerechnet werden. Die Flötzgesteine entstanden durch mechanische Bildung aus der Zerstörung älterer Gebirgsarten; sie reichen bis zur Kreide. Auf jene folgt das aufgeschwemmte Land, meist aus losen Trümmern, Sand, Gruß, Gerölle ꝛc. bestehend. Eine fünfte Abtheilung bildeten die vulkanischen Gesteine; da Werner jedoch die vulkanische Thätigkeit überhaupt nur auf sehr beschränkte Weise auffaßte und dieselbe als lokale Erscheinung betrachtete, deren Entstehen er entzündeten Steinkohlenlagern zuschrieb, so hatten dieselben auch keinen Einfluß auf seine geologische Theorie. Durch abwechselnde Meeresbedeckungen erklärte er die Entstehung des festen Landes und den Untergang der früheren organischen Schöpfungen. Die Unebenheiten der Erdoberfläche, Berge und Thäler, waren Folge äußerer Einwirkungen, namentlich des Wassers; die steilen Schichten und Verwerfungen mußten lokale Erscheinungen sein, welche durch Einstürze in Höhlungen hervorgerufen wurden u. s. w. Kurz, Werner legte seiner Theorie der Entstehung der Erde eine so rein neptunische Ansicht zu Grunde, daß er selbst den Basalt als ein Glied der jüngsten Flötzgebirgs-Bildung ansah. Trotz dieser Einseitigkeit und Vernachlässigung der vulkanischen Erscheinungen führte doch seine Betrachtungsweise zu den bedeutendsten Entdeckungen, und die ausgezeichneten Verdienste Werner's sind um so mehr anzuerkennen, als man ihn als den Ersten ansehen muß, der die Geognosie zu einer positiven Wissenschaft erhob. Er wußte durch die Lebendigkeit seines Vortrags seine Schüler, die, wie wir schon bemerkten, sein Ruf aus entfernten Ländern herbeigeführt hatte, so für die Wissenschaft, die er lehrte, zu begeistern, daß lange Zeit seine Ansichten die herrschenden waren. Jedoch entspann sich schon 1788 ein Streit über die Entstehung des Basalts, welcher nach und nach die Geologen in zwei Parteien trennte, in die der Neptunisten und der Vulkanisten. Es war J. C. Voigt, welcher den vulkanischen Ursprung des Basalts zu beweisen suchte, obwohl er im Uebrigen dem Werner'schen Systeme huldigte; allein derselbe vermochte mit seinen Ansichten nicht nur nicht durchzudringen, sondern dieselben waren wohl auch die Ursache, warum er bei seinen Zeitgenossen nicht diejenige Anerkennung fand, die seinen Untersuchungen und Schriften [1]) gebührte.

---

[1]) Praktische Gebirgskunde. 2te Aufl. Weimar 1797. — Versuch einer Geschichte der Steinkohlen, der Braunkohlen und des Torfes. 2 Theile. 1802—1805.

Während auf diese Weise die neptunischen Ansichten der Werner'schen Schule in vielen Ländern durchaus vorherrschten, war von J. Hutton, geb. 1726 zu Edinburg, † 1797, bereits 1788 eine diesen ganz entgegengesetzte Theorie der Erdbildung aufgestellt worden. Derselbe hatte lange Jahre die Gebirgsformationen Schottlands studirt, und sich nicht nur von der Vulkanität des Basalts und aller sogenannten Trappgesteine überzeugt, sondern auch dem Granit, nachdem er denselben schon 1785 in den Grampians-Bergen, in Gängen die Nebengesteine durchsetzend, entdeckt hatte, eine ähnliche Entstehung zugeschrieben. Er behauptete, daß alle ungeschichteten Gesteine im geschmolzenen Zustande aus dem Innern der Erde in die Höhe gedrungen seien, während sie die geschichteten durchbrochen, gehoben und manchfach zertrümmert hätten. Nach ihm wurden ferner durch jenes Hervorbrechen gewaltige Meeresfluthen verursacht, die einen Theil des Festlandes zerstörten, aus dessen Trümmern Conglomerate und Sandsteine entstanden, indem sich jene auf dem Boden des Meeres von Neuem schichtenweise niederschlugen und durch die innere Erdwärme erhärteten. Hutton's Ansichten, die von demselben in einem besonderen Werke niedergelegt sind, [1]) wurden im Anfange wenig beachtet, selbst nachdem Playfair dieselben in einer eigenen Schrift [2]) vertheidigt hatte, und nur allmählich fanden dieselben Aufnahme, was sie besonders noch den Bemühungen von J. Hall und G. Watt zu danken hatten. Dem Einwurf nemlich, daß Granit, Porphyr, Basalt 2c. nicht wie die Lava schlackig und porös, sondern massig und krystallinisch seien, setzte Hutton die Annahme entgegen, daß dieselben unter hohem Drucke emporgedrungen und erkaltet wären, ja er behauptete, daß selbst der Kalkstein unter solchen Verhältnissen hätte flüssig und dann krystallinisch werden können, ohne seine Kohlensäure zu verlieren. Dieser Annahme suchten jene Naturforscher durch Experimente Halt zu geben. Sie unterwarfen daher einzelne Gesteine anhaltender Schmelzung und fanden, daß rasche Abkühlung eine glasige und schlackige Masse hervorrufe, langsames aber krystallinisches Gefüge, und zwar letzteres um so deutlicher, je langsamer die Erkaltung vor sich ging. Dichter kohlensaurer Kalk, in verschlossenem Raume geglüht, verlor nicht nur seine Kohlensäure nicht, sondern erhielt auch krystallinische Struktur. Diese Untersuchungen trugen, wie gesagt, wesentlich dazu bei, der Hutton'schen Theorie Eingang zu verschaffen, was allerdings lang währte, da auch die Werner'schen Ansichten ihren Einfluß in Schottland und England übten; und doch ging aus jener, obwohl sie auf der andern Seite zu weit gegangen war, indem sie den feurigen Ursprung mancher geschichteten Gesteine behauptete, die jetzt herrschende Schule, die sogenannte plutonische, allerdings mit vielen Abweichungen, hervor.

In Deutschland fand natürlich das Werner'sche System den meisten Anklang und lange Zeit die unbedingtesten Anhänger; allein mit der Ausbreitung desselben sank eine Stütze nach der andern, und namentlich verließen diejenigen Schüler Werner's, welche entferntere Gegenden besuchten und die theoretischen Ansichten desselben mit der Wirklichkeit zu vergleichen Gelegenheit hatten, dieselbe meistens. Jedoch offenbarte sich das Verdienst, welches sich Werner durch Anregung zu genauerer Untersuchung der Thatsachen erworben hatte, recht deutlich in seinen Schülern, indem sie namentlich seine Prinzipien auf sorgfältige Erforschung Deutschlands anwandten, so daß dieses bald unter allen Ländern am genauesten geognostisch gekannt war. Zu diesen Schülern Werner's gehören besonders J. K. Freiesleben und F. A. Reuß. Ersterer suchte die Ansichten seines

[1]) Theory of the earth. Vol. II. Edinburgh 1795.
[2]) Illustration of the Huttonian theory of the earth. Edinburgh 1802.

Lehrers besonders durch genaue Untersuchung des Flötzgebirges zu bestätigen, und legte die gemachten gründlichen Beobachtungen über dasselbe in einem besondern Werke [1]) nieder. Letzterer machte sich vorzüglich um die Kenntniß der geognostischen und mineralogischen Beschaffenheit Böhmens sehr verdient. [2]) Unter allen Schülern Werner's jedoch nehmen unstreitig Alexander v. Humboldt und Leopold v. Buch den höchsten Standpunkt ein. Sie übten den wesentlichsten Einfluß auf die Gestaltung der heutigen Geologie aus, und gegenwärtig noch in spätem aber rüstigem Alter glänzen dieselben an der Spitze ihrer Wissenschaft. Sie leiteten den heutigen Stand der Geologie nicht nur in ganz Deutschland, sondern in der ganzen wissenschaftlichen Welt ein. Während ersterer jedoch in seinen Forschungen fast alle Zweige der Naturwissenschaften umfaßte, beschränkte sich letzterer beinahe gänzlich auf die Geologie, als deren Reformator er auch mit vollem Rechte anzusehen ist. Es ist hier nicht möglich, auf die vielfachen Untersuchungen dieser beiden Naturforscher näher einzugehen; nur die Hauptresultate derselben, welche für unsere Wissenschaft besonders förderlich wurden, sollen erwähnt werden. Von wesentlichem Einfluß auf die Geologie war die Reise, welche A. v. Humboldt in den Jahren 1799—1804 in das südliche Amerika machte, und deren Ergebnisse er in einem besondern Werke niederlegte. [3]) Namentlich wurden die vulkanischen Erscheinungen, welche er an den ungeheuren Feuerbergen Südamerika's zu beobachten Gelegenheit fand, und die mit jenen in Verbindung stehenden Erdbeben in ein ganz anderes Licht gestellt, als die Werner'sche Schule es gelehrt hatte. Er wies nach, daß die Vulkane Mexiko's sowohl als in den Cordilleren auf gewaltigen Spalten in Linien aneinandergereiht wären, und deutete auf ihren tiefen Ursprung hin. Durch die Untersuchung des Jorullo lieferte er ein Beispiel der Hebung eines ganzen Landstriches durch vulkanische Kräfte, und damit einen sehr wichtigen Anhaltspunkt für die Ansichten der heutigen Geologie. Er verglich ferner die Gesteine und ihre Lagerung in Amerika mit denen in Europa. Auch die Reise v. Humboldt's in das asiatische Rußland, [4]) wo er besonders am Ural, in Gemeinschaft mit G. Rose, wichtige Beobachtungen über die Gebirgsmasse desselben machte, war ersprießlich für die Wissenschaft. Ebenso leistete derselbe für Physik, Geographie, Meteorologie und andere Zweige der Naturwissenschaft Außerordentliches, und erst in der neuesten Zeit hat er in seinem Kosmos Alles, was bis jetzt durch das Studium der Natur bekannt wurde, zu einem Ganzen vereinigt, ein Werk, das von der Meisterschaft des Verfassers in allen Theilen der Naturwissenschaften Zeugniß gibt.

Größern Einfluß auf die Ausbildung unserer Wissenschaft hatte L. v. Buch, dem sie, wie schon gesagt, ihre gegenwärtige Gestalt verdankt. Seine langjährigen, beinahe nicht unterbrochenen Reisen durch einen großen Theil Europa's, seine genauen Untersuchungen vieler Gebirge lieferten die wichtigsten Resultate. Der Streit über die Entstehung der basaltischen Gesteine führte ihn zuerst zu den erloschenen Vulkanen des südlichen Frankreichs und an den Vesuv, wo sein Glaube an die neptunische Bildung von jenen so wankend wurde, daß er letztere nur noch für die Basalte in Deutschland gelten lassen wollte. Noch mehr wurden

---

[1]) Geognostische Beiträge zur Kenntniß des Kupferschiefer-Gebirges. 4 Bände. 1807 bis 1815.

[2]) Mineralogische und bergmännische Bemerkungen über Böhmen. 1801.

[3]) Reisen in die Aequinoktial-Gegenden des neuen Kontinents. 3 Bände. Stuttgart u. Tübingen 1815—1820. — Essai géognostique sur le gisment des roches dans les deux Hémisphères. 1822.

[4]) Fragments de Géologie et Climatologie Asiatique. II Vol. 1831.

seine Werner'schen Ansichten erschüttert durch die Beobachtungen, welche er in Skandinavien und Lappland machte. Er sah zuerst in der Nähe von Christiania den Granit gangförmig versteinerungsreiche Kalksteinlager durchsetzen, überlagern und ihre Struktur verändern, eine Entdeckung, die später zu den wichtigsten Untersuchungen und Ansichten Veranlassung gab. Auch wies er jetzt schon die fortdauernde Hebung Skandinaviens nach. Hierauf widmete v. Buch mehrere Jahre der Untersuchung der deutschen Gebirge, und ging dann nach England, um sich hier zu einem Besuch der kanarischen Inseln vorzubereiten. Der Aufenthalt in diesem Lande, wo die Hutton'sche Theorie schon bedeutend Fuß gefaßt hatte, war, wie es scheint, von wesentlichem Einfluß auf seine geologischen Ansichten, und er sagte sich, nachdem er die kanarischen Inseln bereist hatte, von der Werner'schen Theorie gänzlich los. Nach der Rückkehr von jenen Inseln, über welche er ein klassisches Werk herausgab, wandte er sich wieder der Untersuchung der deutschen Gebirge und namentlich der Alpen zu. Nur die Hauptresultate seiner Untersuchungen können wir hier kurz anführen, weil es in der That eine Geologie schreiben hieße, wollte man in alles Einzelne in dieser Hinsicht eingehen, und verweisen zugleich auf die Werke [1]) desselben. Die vulkanischen Erscheinungen wurden von ihm zuerst auf das Vollständigste nachgewiesen; er machte auf den Unterschied zwischen Erhebungs- und Eruptions-Krater aufmerksam, sowie auf die Aneinanderreihung der Vulkane in Linien und deren Verbindung durch Spalten, und zeigte, daß nicht nur die Erhebung vulkanischer Inseln und Berge, sondern auch die ganzer Länder und großer Gebirgsketten stattgefunden habe. Letztere sind nach v. Buch aufgerissene Spalten der Erdrinde, welche von feuerflüssigen Massen, die aus dem Innern emporgedrungen waren, in die Höhe gehoben wurden, was sich aus den aufgerichteten Schichten der neptunischen Gesteine, die die Centralkette der Gebirge begleiten, und aus der Uebereinstimmung der Streichungslinie von jenen und der Erstreckung von dieser ergebe. Auf letztere Momente basirte er sogar die Bestimmung des Alters der Gebirge in Deutschland, indem er vier Systeme unterschied, das der Alpen, des Rheins, das niederländische und endlich das nordöstliche; eine Ansicht, die später von Elie de Beaumont weiter ausgeführt zur Begründung seiner Erhebungstheorie benutzt wurde. v. Buch unterschied ferner zuerst den Melaphyr von dem quarzführenden Porphyr, und machte darauf aufmerksam, daß viele Gebirge von jenem erhoben worden seien; er stellte eine Theorie über die Entstehung der Dolomite aus dichtem Kalkstein, durch Einwirkung der Melaphyre hervorgerufen, auf, welche aus seinen Beobachtungen in Tyrol hervorging; eine Ansicht, welche vielen Widerspruch erlitt und bis jetzt noch nicht entschieden ist. Auch die Petrefaktenkunde wurde von ihm in hohem Grade gefördert, indem er in den Versteinerungen ein wesentliches Mittel erkannte, die einzelnen Formationen scharf von einander zu trennen und ihre Verbreitung nachzuweisen. — Dieß in kurzen Zügen die Leistungen des Mannes, dem die Wissenschaft so außerordentlich viel verdankt und der in ihrer Geschichte stets eine der ersten Stellen einnehmen wird.

Während des Wirkens dieser beiden Naturforscher traten noch eine Menge von Männern auf, welche für die Erweiterung der Wissenschaft thätig waren, und deren Arbeiten sich mehr oder weniger denen der ersteren anschlossen. Wir

---

[1]) Geognostische Beobachtungen auf Reisen durch Deutschland und Italien. 2 Bände. Berlin 1802 und 1809. — Reise durch Norwegen und Lappland. 2 Bde. Berlin 1810. — Physikalische Beschreibung der kanarischen Inseln. 1825. — v. Leonhards Taschenbuch der Mineralogie. 1824.

können hier nicht alle die Männer aufführen, welche sich um die Wissenschaft verdient gemacht haben, noch viel weniger in das Spezielle ihrer Leistungen eingehen, zumal da der Stand unserer Wissenschaft im Allgemeinen schon durch das angedeutet ist, was wir in den vorhergehenden Abschnitten angegeben haben, sondern wir müssen uns darauf beschränken, nur einige derselben namhaft zu machen. In Deutschland machten sich besonders durch geognostische Untersuchungen bekannt: Heim, v. Raumer, Hausmann, v. Oeynhausen, v. Dechen, Nöggerath, Fr. Hoffmann, v. Alberti, Bronn, C. Naumann, B. Cotta u. s. w.

In England war die Theorie Werner's ebenfalls eingedrungen und deren Einfluß vielfach zu erkennen, und gerade in dem Lande, wo sich die entgegengesetzten Ansichten zuerst entwickelten, da wurden die Lehren von jenem durch R. Jameson in Edinburg am eifrigsten verbreitet und am hartnäckigsten festgehalten. Die Ansichten Werner's über die gesetzmäßige Aufeinanderfolge der Gesteine stellten sich bei den Schichtgesteinen Englands so überraschend heraus, daß diese bald mit dem größten Eifer untersucht und namentlich mittelst der Versteinerungen sehr genau bestimmt wurden. W. Smith war es namentlich, welcher, indem er in die Fußstapfen Lister's trat, die Wichtigkeit des Studiums der Petrefakten erkannte, dieselben in Beziehung auf ihre Lage in den Schichten genau untersuchte, und den Satz aufstellte, daß dieselben zur Bestimmung und Parallelisirung der Schichten dienen müßten. Auch unterschied er in Folge hiervon nicht nur die einzelnen Formationen, sondern auch deren Unterabtheilungen. Diese Richtung der praktischen Geognosie war sehr wichtig und hatte auf die Ausbildung der Wissenschaft nicht allein in England, sondern auch im Allgemeinen den größten Einfluß, indem es nicht fehlen konnte, daß, da hier die Schichten vieler Formationen mit Anwendung jenes Hülfsmittels am ersten genau gekannt, unterschieden und benannt waren, eine Vergleichung mit den Schichten in andern Ländern vorgenommen wurde und diese nach jenen ihre Bestimmung und Benennung erhielten, wobei man jedoch nicht selten mit allzu großer Aengstlichkeit alle kleineren Schichten-Abtheilungen, welche man dort unterschied, auch hier wieder erkennen wollte. Smith gab ferner 1815 die erste geognostische Karte von ganz England heraus, die 1819 von Greenough, bedeutend verbessert und verschönert, neu aufgelegt wurde. Eine Menge von geognostischen Arbeiten über einzelne Theile Englands erschienen in jenem Sinne ausgeführt, so daß England bald das Land war, welches man in dieser Hinsicht am besten kannte. Von den Männern, welche für die Wissenschaft thätig waren, sind besonders zu nennen: J. Webster, W. Phillips, W. D. Conybeare, J. Mac-Culloch, de la Bèche, Buckland, Sedgwick, Murchison u. s. w. Letztere machten sich besonders um die Untersuchung der ältesten Schichtgesteine verdient, und Murchison nicht allein um die in England, sondern auch um die in Deutschland und Rußland. — Noch haben wir auf Ch. Lyell aufmerksam zu machen, der sich durch mehrere geognostische Arbeiten, besonders aber durch die eigenthümliche Richtung, welche er in der theoretischen Geologie einschlug, bekannt gemacht, und die er in einem besondern Werke [1]) dargelegt und vertheidigt hat. Nachdem er nämlich die Veränderungen, welche gegenwärtig noch auf der Erdoberfläche stattfinden, sowie die Ursachen, die dieselben stets noch hervorrufen, einer gründlichen Untersuchung unterworfen hatte, suchte er, hierauf gestützt, zu erweisen, daß keine andern Kräfte und Ursachen auch in

---

[1]) Principles of Geology.

früheren Perioden auf die Ausbildung der Erde eingewirkt hätten, als die noch gegenwärtig thätigen, und zwar in demselben Maße und in derselben Stärke. So sehr man nun auch den großen Nutzen, welchen jene Untersuchungen für die Wissenschaft hatten, und das Verdienst Lyell's anerkannte, die Aufmerksamkeit der Geologen zuerst auf jene Erscheinungen gelenkt zu haben, so wurden doch deren Schlußfolgen in ihrer Einseitigkeit mehrfach und mit guten Gründen angegriffen.

In Frankreich verbreitete besonders d'Aubuisson de Voisin, ein Schüler von Werner, die Lehren desselben, und machte sie in einem besondern Werke [1] seinen Landsleuten zugänglich. Jedoch überzeugten auch ihn Untersuchungen in der Auvergne von dem Irrigen jener in Bezug auf die Entstehung der Basalte, so daß er bald die Aenderung seiner Ansicht öffentlich aussprach. Nach ihm ist Brochant de Villiers besonders thätig, und durch seine Beobachtungen in den savoyischen Alpen der Wissenschaft förderlich gewesen. Cuvier und Al. Brongniart führten zuerst die Tertiärgebilde in die Geognosie ein, worauf sie durch das Studium der Schichten der Umgegend von Paris gekommen waren. Zu erwähnen sind ferner noch: Beudant, C. Prevost, d'Archiac, Boué, Royet u. v. A. Dufrenoy und Elie de Beaumont erwarben sich große Verdienste durch die Bearbeitung einer geognostischen Karte von Frankreich, ein Werk, das viele Jahre mühevoller Wanderungen und Beobachtungen erforderte. Letzterer hat aber besonders der Wissenschaft eine neue Richtung durch die Begründung seiner Hebungstheorie 1830 gegeben. Indem er sich auf die früheren Ansichten und Untersuchungen L. v. Buch's stützte, stellte er folgende Systeme der Gebirgserhebungen auf, wobei er nach dem unbestreitbaren Satz, daß steil aufgerichtete oder gehobene Schichten älter sein müssen, als die Ursache ihrer Aufrichtung oder Hebung, und daß ferner Formationen, welche wagerecht an einem Gebirge angelagert erscheinen, jünger sind, als die Erhebung des Gebirges, — das Alter der Emporhebung der Gebirge bestimmte. 1. System des Hundsrücks und von Westmoreland. Gehoben nach dem Absatz der Grauwackeschichten. Richtung der Hebung von West 35° Süd nach Ost 35° Nord. Hierher gehören unter andern die Eifel, der Taunus, die Ardennen, Süd-Schottland ꝛc. 2. System der Belchen und des Harzes. Gehoben bis zum Kohlenkalk vor dem Absatz der Steinkohlen. Streichen von W. 15° N. nach O. 15° S. Normandie, Devonshire, Central-Plateau von Frankreich ꝛc. 3. System von Nord-England. Gehoben nach dem Absatz der Kohlenformation und unmittelbar vor der Kupferschiefer-Gruppe. Streichen von S. nach N. Südliches Irland, nördliche Bretagne ꝛc. 4. System des Hennegaus. Gehoben vor dem Absatz des Vogesen-Sandsteins. Streichen von NO. nach SW. Südwales, Saarbrücken, Centrum der Bretagne ꝛc. 5. Rheinisches System. Gehoben vor dem Absatz des bunten Sandsteins. Streichen von S. 21° W. nach N. 21° O. Schwarzwald und Odenwald, Vogesen und Haardt. 6. System des Thüringer Waldes. Gehoben nach dem Absatz der Trias und vor dem Lias. Streichen von NO. nach SW. Böhmerwald, Vendée, Bretagne ꝛc. 7. System des Erzgebirges. Gehoben nach dem Absatz der Juraformation und vor dem der unteren Kreide. Streichen von SW. nach NO. Cevennen, Côte d'Or, Mont Pilas ꝛc. 8. System des Monte Viso. Gehoben nach dem Absatze des Grünsandes. Streichen von NW. nach SO. Alpen der Dauphinée,

---

[1]) Traité de Géognosie. II Vol. 1819.

Vendée bis nach Valencia ꝛc. 9. System der Pyrenäen und Apenninen. Gehoben nach dem Absatze der jüngsten Kreideschichten und vor dem des Grobkalkes. Streichen von W. 18° N. nach O. 18° S. Karpathen, Balkan ꝛc. 10. System von Korsika und Sardinien. Gehoben nach dem Absatz des Grobkalkes. Streichen von S. nach N. Toskana, Kirchenstaat, Touraine ꝛc. 11. System der Westalpen. Gehoben unmittelbar nach dem Absatz der Molasse und vor dem der Subapenninen-Formation. Streichen von S. 26° W. nach N. 26° O. Westliche Alpen vom Montblanc und Monte Rosa bis zum Meere ꝛc. 12. System der Ostalpen. Gehoben unmittelbar nach der Subapenninen-Formation und vor dem Diluvium. Streichen von W. 16° S. nach O. 16° N. Oestliche Alpen von Wallis nach Ungarn hin. 13. System des Tenare. Gehoben während des Diluviums, vielleicht in der jetzigen Periode selbst. Streichen von N. 20° W. nach S. 20° O. Kap Tenare in Griechenland, Provence, Sicilien, phlegräische Felder, Ischia, Somma. — Diese Erhebungstheorie ist neuerdings von F. de Boucheporn noch weiter ausgedehnt worden. — In der Schweiz machten sich besonders Rengger, P. Merian, Thurman, Greßly u. A. um die Untersuchung des Jura verdient, während Lardy und vorzüglich B. Studer und A. Escher von der Linth sich der Erforschung der geognostischen Verhältnisse des Alpengebirges widmeten. Letztere besonders wiesen nicht nur das jüngere Alter vieler Schichten dieses sehr verwickelten Gebirgssystemes nach, sondern auch die großartigen und weit verbreiteten Metamorphosen der Schichtgesteine zu krystallinischen Gebilden, und von ihren ferneren Untersuchungen werden noch wichtige Aufschlüsse über den Bau der Alpen zu erwarten sein. — Sismonda und Pilla waren in neuerer Zeit besonders in Italien thätig, während in Skandinavien hauptsächlich Hisinger, Keilhau und Forchhammer für die Wissenschaft wirkten. Auch in Nordamerika ist ein reges Streben für geognostische Untersuchungen vorhanden, wovon die Schriften von Hitchcock, Rogers u. v. A. Zeugniß geben.

Während durch die regsten geognostischen Forschungen, welche sich in den letzten Dezennien in vielen Ländern auf jene Weise kund gaben, die Wissenschaft rasch fortschritt, hatte die Petrefaktenkunde hieran einen sehr wesentlichen Antheil. Die Wichtigkeit der Kenntniß der fossilen organischen Körper, auf welche schon die Arbeiten Smith's hingewiesen hatten, stellte sich immer deutlicher heraus, je mehr die zoologische und botanische Bearbeitung derselben mit der geologischen Hand in Hand ging, so daß jetzt die Paläontologie als ein sehr wesentliches Hülfsmittel des Studiums der Geognosie und Geologie angesehen werden muß. Am frühesten waren die Schalthiere genauer untersucht worden, besonders die des tertiären Beckens von Paris, die, wie bekannt, meist sehr gut erhalten sind, von Lamarck, welcher sie mit den lebenden Arten verglich, bestimmte und unter diese in sein System einreihte, ohne daß sich derselbe jedoch um deren Vorkommen bekümmert hätte, welches erst von Al. Brongniart genauer nachgewiesen wurde. Der Eifer, mit welchem nun die Versteinerungen aus allen Schichten gesammelt und beschrieben wurden, machte uns nach und nach mit einer sehr bedeutenden Zahl derselben bekannt. Die fossilen wirbellosen Thiere fanden nicht allein Bearbeiter nach den Formationen, in welchen sie gefunden werden, sondern es wurden auch Monographien von einzelnen Klassen derselben geliefert. Zu den ersteren Arbeiten gehören z. B. die von Defrance und Deshayes über die Fossilien des Pariser Tertiärbeckens, die von Basterot über das von Bordeaux, von Brocchi, Bronn und Philippi über die Subapenninen-Formation, von Reuß über die der Kreide Böhmens, von Römer über die der

Kreide und des Jura's von Nord-Deutschland, von de Koninck über die der belgischen Steinkohlenformation zc. Die Versteinerungen der Uebergangsgebilde fanden besonders in der neuesten Zeit in Hisinger, Murchison, Verneuil, v. Kayserling u. v. A. eifrige Bearbeiter. Auch viele Monographien erschienen; wir wollen hier nur an die von Ehrenberg über die Infusorien, von Milne-Edwards über die Polypen, von Burmeister über die Trilobiten zc. erinnern. Allein besonders verdient hat sich L. v. Buch um die kritische Bearbeitung einzelner Klassen von wirbellosen Thieren gemacht; seine Monographien der Ammoniten, der Brachyopoden zc. sind in jeder Beziehung als Muster solcher Arbeiten aufzustellen. Auch entstanden allgemeine Werke, welche sämmtliche wirbellose Thiere behandelten, wie die von Sowerby, Goldfuß, Quenstedt zc. — Die Kenntniß der fossilen Wirbelthiere wurde durch Cuvier begründet, indem er eine Vergleichung der lebenden mit den Resten von jenen vornahm und so zuerst zu ihrer wissenschaftlichen Bestimmung gelangte. Goldfuß, Bronn, Kaup, H. v. Meyer, Blainville, Owen u. A. arbeiteten in diesem Felde weiter. Agassiz machte uns in einem ausgezeichneten Werke mit den fossilen Fischen bekannt. — Nicht minder waren die fossilen Pflanzen Gegenstand genauer Untersuchung, nachdem ihre Bedeutung für die Geologie immer mehr erkannt worden war. v. Schlotheim und besonders C. v. Sternberg können wir als Diejenigen betrachten, welche sich zuerst mit dem Studium der vorweltlichen Flora befaßten. Ihnen folgten besonders Lindley und Hutton in England, Ad. Brongniart in Frankreich, Göppert und Unger in Deutschland. Ein allgemeines Werk über die ganze Petrefaktenkunde hat Bronn in seiner Lethaea geognostica geliefert, und dadurch wesentlich zur Verbreitung des Studiums dieser Wissenschaft beigetragen. — Eine noch nicht entschiedene Frage in der Paläontologie ist die, ob jede Formation abgesonderte und eigenthümliche Spezies enthalte oder nicht; während jenes von Agassiz, d'Orbigny u. A. behauptet wird, sind Bronn, Deshayes, Philippi u. A. entgegengesetzter Meinung, und glauben, daß allerdings eine Spezies in verschiedenen Formationen vorkommen könne.

Nachdem wir im Vorhergehenden kurz die Geschichte der Geognosie und Geologie und deren Fortschritte bis zu der jetzigen Zeit entwickelt haben, wollen wir nur noch darauf aufmerksam machen, daß, obwohl sich die Wissenschaft von der rein theoretischen Spekulation mehr und mehr losgesagt und, wie wir gesehen, den fruchtbringenden Boden der praktischen Beobachtung betreten hat, dennoch hie und da Hypothesen über diesen oder jenen Gegenstand auftauchten, auf welche einzugehen wir uns jedoch hier nicht gestatten können.

2. Standpunkt der Geologie.

Wir wollen nun noch versuchen, diejenigen Ansichten hinsichtlich der Bildung und Umgestaltung unserer Erde kurz zu entwickeln, welche gegenwärtig die herrschenden sind. Die rein neptunischen wie die rein vulkanischen Theorieen trugen in ihrer Einseitigkeit den Keim des Unterganges in sich, die Wahrheiten, welche beide enthielten, wurden vereinigt, und es gestaltete sich in der neuesten Zeit, ohne daß eine Persönlichkeit ein besonderes Verdienst dabei habe, als Resultat vielfacher Untersuchungen und durch das Zusammenwirken vieler Kräfte diejenige Theorie, welche Cotta sehr zweckmäßig die Entwicklungs-Theorie genannt hat, und deren Grundprinzipien gegenwärtig von einem großen Theil der Geologen angenommen werden. Diesen zufolge entwickelte sich der jetzige

Zustand des Erdkörpers nach und nach aus einem andern, von jenem verschiedenen; eine Ansicht, welcher sich zuerst Lyell entgegenstellte, indem dieser als Basis seiner Theorie eine gleichmäßige Umgestaltung der Erde durch dieselben Ursachen und Kräfte, wie sie heutiges Tages noch verändernd wirken, annimmt, so daß dieselben zu allen Zeiten nur mit derselben Energie sich äußerten, wie jetzt. Dieser Theorie hat man den Namen Stetigkeits-Theorie gegeben. Den frühesten Zustand unserer Erde sieht Lyell als gegeben an, indem er ihn als einen unerforschlichen Akt der Schöpfung betrachtet. Er fordert nur ungemessene Zeiträume, um durch die jetzt thätigen Kräfte den gegenwärtigen Zustand aus dem frühesten hervorgehen zu lassen. Hebungen oder Senkungen von mehreren Fuß, wie sie durch vulkanische Erscheinungen heutzutage hervorgerufen werden, brauchten sich im Laufe der Zeit nur einige tausendmal zu wiederholen, um nach und nach hohe Gebirgszüge zu bilden, oder beträchtliche Landstrecken bedeutend zu senken. Er unterscheidet neptunische, vulkanische, plutonische und metamorphische Gesteine, welche alle noch gegenwärtig entstehen, die beiden ersteren vor unsern Augen, die beiden letzteren hingegen in großer Tiefe und unter hohem Drucke. Die metamorphischen Gesteine, wie Gneiß, Glimmerschiefer 2c., gehen durch Umwandlung aus den neptunischen hervor. So wie Lyell alle größeren geologischen Katastrophen während der Ausbildung unserer Erde läugnet, ist er auch der Ansicht, daß das organische Leben von Anfang an vollständig, nur abweichend von dem jetzigen, vorhanden gewesen sei.

Diese Lehre hat viele und, wie schon bemerkt, begründete Einreden hervorgerufen, denn wenn auch eine Schöpfungsgeschichte sich nur auf unsere Erde beschränken kann, wenn sie von wirklich beobachteten Thatsachen ausgehen soll, indem uns nur hier die Oberfläche zu unmittelbaren Beobachtungen geboten und selbst Blicke in die Tiefe zu thun erlaubt sind, so stoßen wir gerade hierbei auf Erscheinungen, die als Resultate der Umwälzungen angenommen werden müssen, welche die Erde in früheren Epochen erlitten hat. Freilich kann uns eine genaue Betrachtung der Gegenwart die Deutung jener Resultate sehr erleichtern, aber wir dürfen dabei nicht übersehen, daß wir nur aus den Wirkungen auf die Ursachen schließen können. Wenn wir daher die Ursachen der Veränderungen, welche unsere Erde erlitten hat, kennen lernen wollen, so müssen wir deren Wirkungen in allen Perioden aufsuchen, nicht aber die jetzige Zeit als Maß und Muster für alle vergangenen Zeiten betrachten. Nur die vorliegenden Wirkungen können uns lehren, in welchem Grade die damals wirkenden Ursachen den jetzt thätigen ähnlich sind oder nicht. Weisen uns jene aber einerseits wenigstens zu einer größern Intensität dieser Ursachen in früheren Zeiten hin, so lehrt uns auch auf der andern Seite Untersuchung und Beobachtung, daß eine stufenweise Entwickelung der Organismen auf der Erde stattfand.

Von diesen Grundideen geht die Entwickelungs-Theorie bei der Aufstellung ihrer Ansichten aus, indem sie zugleich auf einen früheren Zustand der Erde und zwar auf einen heißflüssigen hinweist; viele Geologen gehen noch weiter und nehmen die Theorie von Laplace über die Entstehung der Erde an, nach welcher dieselbe im Anfang ein sehr ausgedehnter Gasball gewesen sein soll, der erst nach allmählicher Verdichtung in den heißflüssigen Zustand übergegangen wäre. Für den letzteren sprechen mehrere Gründe, besonders die Form der Erde und die Beschaffenheit der festen Rinde derselben. Jene kann nur Folge eines flüssigen Zustandes sein; da aber diese kein anderes Auflösungsmittel als die Wärme zuläßt, so wird auch jener Zustand ein heißflüssiger gewesen sein müssen. Darauf weist ferner die krystallinische Zusammensetzung eines Theils der Gesteine und deren Aehnlichkeit mit den Laven hin. Ferner spricht dafür die Zunahme

der Temperatur nach dem Innern der Erde, die auf eine große Hitze, welche hier vorhanden ist, hinweist, und die sich besonders noch durch die heißen Quellen und vulkanischen Erscheinungen zu erkennen gibt. Die feuerflüssige Erde erhielt durch Rotation die Form einer an den Polen abgeplatteten Kugel, während die flüssigen Theile derselben sich im Allgemeinen nach dem Gesetze der Schwere sonderten; das Wasser und ein Theil der jetzt festen Körper umgaben in Dampfform jene Kugel und bildeten die Atmosphäre damaliger Zeit. Durch Ausstrahlung von Wärme in den Weltraum mußte sich die heiße Masse nach und nach abkühlen, und es entstand die erste feste Rinde, aus krystallinischen Schiefergesteinen zusammengesetzt, die sich von oben nach unten hin bildeten. Diese Rinde aber wurde theils durch Abkühlung, theils durch kosmische und tellurische Einwirkungen, besonders aber durch die Bewegung der darunter befindlichen heißflüssigen Masse vielfach zerrissen und zersprengt, wodurch Oeffnungen und Spalten der verschiedensten Art und Größe entstanden, in welche jene empordrang, sich auch über die Rinde hin ergoß und zu verschiedenen krystallinischen Massengesteinen erstarrte. Auf solche Weise begann die erste Bildung der Eruptivgesteine, welche bis zur jetzigen Zeit fortdauert, jedoch vielfach modifizirt durch die zunehmende Dicke der Erdkruste und die dadurch bedingte schnellere Erkaltung jener Massen, sowie durch die verschiedene qualitative Zusammensetzung der letzteren. Es lassen sich demnach Altersbeziehungen bei den Massengesteinen nachweisen, die sich theils auf die Verschiedenheit ihrer Stellung, die sie einnehmen, theils auf die ihrer Bestandtheile und Struktur gründen. So sind die ältesten kieselerdereicher und leichter, aber krystallinischer, weil ihre Erkaltung langsamer und in größeren Massen stattfand. Die Eruptivgesteine riefen vielfache Störungen und Veränderungen im Nebengestein hervor, wodurch Metamorphosen mancher Art sich bildeten. Auch entstanden mancherlei Conglomerate, Breccien und Tuffe. — Während nun bei zunehmender Abkühlung die Erdkruste allmählich dicker wurde, schlug sich auch das Wasser tropfbar nieder. Durch höhere Temperatur und verschiedene salinische Beimengungen, sowie durch vielfache Bewegung wirkte dieses zerstörend auf die vorhandene feste Oberfläche. Die auf solche Weise losgerissenen Theile der letzteren setzten sich an ruhigen Stellen als älteste Schichtgesteine ab. Zugleich traten die ersten organischen Körper auf, in ihrer Bildung der hohen Temperatur und der dichten Atmosphäre jener Zeit angemessen. Der Mangel an klimatischen Unterschieden erklärt die allgemeine Verbreitung gleicher Geschlechter und Arten derselben. Die vorher angedeuteten Wirkungen von Innen, das Emporbrechen von Massegesteinen, und die Bildung von Schichtgesteinen von Außen dauern fort und fort, wobei diese durch jene verschieden gehoben und gesenkt werden; die Temperatur nahm ab, die Organismen gestalteten sich nach und nach anders, immer höhere Pflanzen- und Thierklassen finden sich ein, bis endlich mit den Zonenunterschieden der Mensch und der jetzige Zustand der Dinge eintreten; und wir finden diese Entwickelung auf die Weise ausgesprochen, wie sie im ersten Abschnitt angegeben wurde, und wie sie eine geognostische Betrachtung unserer Erdrinde ergibt.

Dieß ist in kurzen Zügen und im Allgemeinen die jetzt herrschende Lehre, obwohl in einzelnen Punkten die Ansichten der Geologen sehr voneinander abweichen. Solches ist besonders hinsichtlich des Metamorphismus der Fall, dessen Lehren, wie wir gesehen haben, durch Lyell zuerst in die Wissenschaft eingeführt wurden. Die Verhältnisse der verschiedenen Gesteine in den Alpen zu einander, sowie die Untersuchung der ältesten Schichtgesteine, welche gegenwärtig reger denn je betrieben wird, führte natürlich auch auf die Frage von dem Metamorphismus der letzteren, eine Frage, deren Lösung für die theoretische Geologie

von der größten Wichtigkeit ist, die jedoch ihrer Entscheidung noch entgegensieht. So wenig nun auch der Metamorphismus geläugnet werden kann, so haben sich doch die Begründer und Verfechter desselben zu sehr vom Boden der Chemie entfernt, als daß sie ihre Gegner vollständig zu überzeugen vermocht hätten; denn die Annahme einer willkürlichen Veränderung der Elemente raubt uns ein Fundament, auf welchem aufzubauen nur der einzige Weg ist, jene Streitfrage zu lösen. Jedoch nicht allein hier wird die Chemie entscheiden, sondern noch bei vielen andern geologischen Problemen, und es ist ein gegründeter Vorwurf, welchen man überhaupt der Wissenschaft macht, daß bis jetzt die chemische Seite zu wenig beachtet wurde. Fuchs und G. Bischof haben das Verdienst, die Geologen in neuerer Zeit auf diesen Weg hingewiesen zu haben. Ersterer stellte schon 1838 eine Theorie der Erdbildung auf, in welcher er die neptunischen Ansichten auf rein chemische Prinzipien zurückführte.[1]) Die Schwierigkeit, welche den Neptunisten in der Annahme des Aufgelöstseins aller Substanzen im Wasser in den Weg tritt, suchte Fuchs durch die Lehre von dem Amorphismus fester Körper zu beseitigen, indem er annimmt, daß der amorphe Zustand der Körper, d. h. derjenige, in welchem diese aller Krystallisation beraubt, und die daher auch ohne Mitwirkung der Krystallisationskraft entstanden sind, stets dem krystallinischen vorausgehen müsse, für welche Umwandlung aber die Gegenwart von Wasser, wodurch die Körper zuerst in einen festweichen Zustand übergeführt würden, sehr günstig wirke. Mittelst des Wassers war die Erde im Anfang theils im festweichen, theils im flüssigen oder aufgelösten Zustande, es war dieß der chaotische oder Ur-Zustand. Von den beiden Hauptbestandtheilen der Gebirgsmassen, der Kieselsäure und Kohlensäure, welche sich gegenseitig ausschließen, bildete die erstere im amorphen und festweichen Zustande, theils für sich, theils mit Basen vereinigt, die unauflösliche Masse der Erdrinde, während die letztere, meistentheils mit Kalk- oder Bittererde verbunden, die Hauptmasse des aufgelösten Theils der Erde ausmachte. Mit dem Uebergang dieser Massen aus dem amorphen in den krystallinischen Zustand beginnt die Gebirgsbildung; hierdurch wurde Wärme frei, die sich wohl hie und da bis zur Gluth steigerte, wodurch Wirkungen hervorgerufen werden konnten, die Aehnlichkeit mit denen der Vulkane haben. Nicht überall wurde Gleiches gebildet; während hier Granit entstand, ging dort Syenit 2c. hervor, auch war das Wasser bald ruhig, bald bewegt, was von Einfluß auf die Struktur und die äußere Gestalt der Gebirgsmassen sein mußte. Selbst ein großer Theil dessen, was man für sekundäre Gebilde ansieht, entstand auf ähnliche Weise wie die älteren Gebilde 2c. — Dieß in Kurzem die Ansichten von Fuchs, denen allerdings von Seite der Geologen nicht die Beachtung geschenkt wurde, welche sie verdienen, vielleicht wegen ihrer rein chemischen Richtung und Vernachlässigung der mechanischen Wirkungen bei Bildung von Gebirgsmassen. Einen vermittelnden Weg hat G. Bischof in seiner „chemischen und physikalischen Geologie" eingeschlagen, ein Weg, der die wichtigsten Aufschlüsse verspricht, und daher für die Wissenschaft von großer Bedeutung werden und besonders auch der Chemie ihren Antheil an jener erkämpfen wird. Da das Werk noch nicht vollendet ist,[2]) so wollen wir uns hier nur einige Andeutungen über Bischof's geologische Ansichten gestatten. Derselbe hält es vor allen Dingen nicht dem Zwecke der Geologie gemäß, über den Urzustand der Schöpfungsperiode hinauszugehen; die Erde soll als etwas Gegebenes angesehen werden, ohne daß sich der Geologe darum bekümmere, wie es geworden

[1]) Theorie der Erde. 1844.

[2]) Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie. I. Band, II. Band, 1. Abtheilung. Bonn 1847.

sei. Es ist ihm genug, wenn wir zu ermitteln vermögen, ob die Erde ursprünglich eine feuer- oder wässerigflüssige Kugel gewesen sei, über welchen Zustand hinaus die Betrachtung alles Thatsächliche entbehre. Er geht ferner von der Ansicht aus, daß das Zusammengesetzte in den festen Massen der primitive Zustand sei, daher früher als der einfache existirt habe. Das Vorkommen elementarer Körper in unserer Erde gehöre zu den Seltenheiten; die Natur liefere uns im krystallinischen wie im sedimentären Zustande nur gemengte Massen. Betrachte man nun erstere als Erzeugnisse des Feuers, so könne dieses Agens keine Sonderung des Zusammengesetzten in Einfaches bewirken; nur bei großen feuerflüssigen Massen trat in so weit Sonderung bei langsamer Erkaltung ein, als verschiedene Substanzen in mehr oder minder deutlichen Krystallen herauskrystallisirten, und Gemenge entstanden, deren Theile mehr oder minder fest aneinander adhäriren. Um Sonderungen zu bewirken, mußte die Natur einen neuen Weg einschlagen. Durch Luft und Wasser zersetzte sie nach und nach die krystallinischen Gesteine. Die Zersetzungsprodukte wurden theils auf mechanischem, theils auf chemischem Wege durch Wasser fortgeführt. So trennte sich das Feinzertheilte von dem Groben, das Auflösliche von dem Unauflöslichen. Das mechanisch im Wasser Schwebende, wie das darin Aufgelöste, setzte sich aus dem Wasser wieder ab. Jenes bildete abermals Gemenge verschiedener Substanzen, dieses homogene Gemische, häufig jedoch in Wechsellagerung verschiedener solcher Gemische. So entstanden die sedimentären Formationen. In Spalten und Drusenräumen erreichte die Natur den höchsten Grad der Sonderung. In sie flossen und filtrirten die Wasser, beladen mit den aus dem Gebirgsgesteine extrahirten Substanzen, langsam und ruhig. Das Wasser verdunstete allmählich, das Ungleichartige bekam Gelegenheit, sich zu sondern und in verschiedenen Lagen sich abzusetzen. Bei einem so langsamen Uebergang des Flüssigen in das Feste konnte die Krystallisationskraft sich ungehindert äußern; durch sie sonderte sich noch immer mehr das Ungleichartige ab, und so bildeten sich in Drusenräumen und Spalten die schönen, zuweilen ungewöhnlich großen Krystalle. Hier traten Oxyde, Schwefelmetalle, Carbonate, Fluorüre 2c. auf. Aber auch neue zusammengesetztere Substanzen, die Zeolithe, bildeten sich, durch ihren Wassergehalt deutlich den Weg anzeigend, auf welchem sie entstanden. Um das Primäre von dem Sekundären zu trennen, geht Bischof zuerst auf eine Klassifikation der Mineralien in solche zwei Abtheilungen ein. Hierzu bieten ihm besonders die Pseudomorphosen das Mittel, die überhaupt zur Erforschung der unorganischen Umwandlungs-Prozesse so sehr wichtig sind. Es ist nun eine Hauptaufgabe, zu zeigen, auf welche Weise Veränderungen vor sich gegangen sein mögen. Schon früher ist darauf hingewiesen, wie in den Quellen eine Menge von Substanzen aufgelöst enthalten seien, welche aus den Gebirgsarten, durch welche die Wasser laufen, gezogen wurden; diese haben sich nun zum Theil abgesetzt und konnten dabei auf andere schon vorhandene Mineral-Verbindungen ändernd einwirken, oder sie auch ganz verdrängen. Der Prozeß der Pseudomorphosen-Bildung ist nur auf nassem Wege möglich. Weitere Entwickelungen müssen wir noch erwarten. Jedenfalls werden wir, wie gesagt, noch gar manche wichtige Resultate erhalten, die auf eine Umgestaltung der jetzigen Geologie in vieler Hinsicht erfreulich einwirken werden.

Blum, J. Reinhard,

Grundzüge der Mineralogie und Geognosie

Stuttgart 1858